



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I503845 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 10 月 11 日

(21)申請案號：103121351

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 06 月 20 日

(51)Int. Cl. : G21F9/28 (2006.01) G21F9/00 (2006.01)

(30)優先權：2013/09/06 日本 2013-185070

(71)申請人：日立 G E 核子能源股份有限公司 (日本) HITACHI-GE NUCLEAR ENERGY, LTD.
(JP)

日本

(72)發明人：石田一成 ISHIDA, KAZUSHIGE (JP) ; 細川秀幸 HOSOKAWA, HIDEYUKI (JP) ;
会沢元浩 AIZAWA, MOTOHIRO (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201314706A

CN 1540675A

US 8821973B2

WO 94/11884A1

審查人員：黃衍勳

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：16 共 60 頁

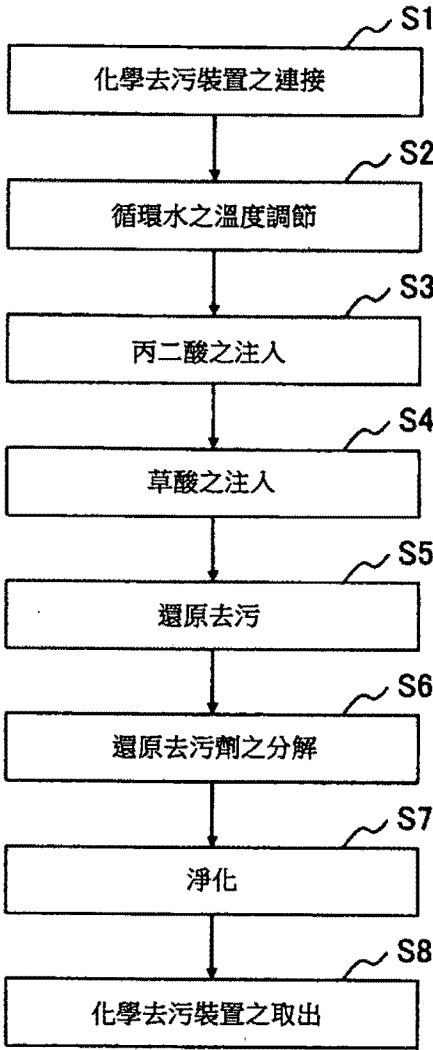
(54)名稱

核電廠之碳鋼構件之化學去污方法

(57)摘要

本發明之課題為提供一種可進一步提昇碳鋼構件之還原去污效率之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法。本發明之解決手段為將具備丙二酸注入裝置及草酸注入裝置之化學去污裝置的循環配管連接於沸水反應型核電廠之碳鋼製之淨化系統配管(S1)。將丙二酸水溶液從丙二酸注入裝置注入於循環配管(S3)。將草酸水溶液從草酸注入裝置注入於循環配管。將包含 5200ppm 之丙二酸及 50ppm~400ppm 之草酸之水溶液(還原去污液)，通過循環配管供給於淨化系統配管內，對於淨化系統配管內面實施還原去污(S5)。淨化系統配管之還原去污結束後，分解包含在該水溶液之丙二酸及草酸(S6)，進一步淨化該水溶液(S7)。

圖 1



發明摘要

※申請案號：103121351

※申請日：103 年 06 月 20 日

※IPC 分類：

G21F 9/28 (2006.01)

G21F 9/00 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

核電廠之碳鋼構件之化學去污方法

【中文】

● 本發明之課題為提供一種可進一步提昇碳鋼構件之還原去污效率之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法。

● 本發明之解決手段為將具備丙二酸注入裝置及草酸注入裝置之化學去污裝置的循環配管連接於沸水反應型核電廠之碳鋼製之淨化系統配管（S1）。將丙二酸水溶液從丙二酸注入裝置注入於循環配管（S3）。將草酸水溶液從草酸注入裝置注入於循環配管。將包含 5200ppm 之丙二酸及 50ppm~400ppm 之草酸之水溶液（還原去污液），通過循環配管供給於淨化系統配管內，對於淨化系統配管內面實施還原去污（S5）。淨化系統配管之還原去污結束後，分解包含在該水溶液之丙二酸及草酸（S6），進一步淨化該水溶液（S7）。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：
無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

核電廠之碳鋼構件之化學去污方法

【技術領域】

[0001] 本發明係關於適用在核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，尤其是關於適用在沸水反應型核電廠之碳鋼構件的適合之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法。

【先前技術】

[0002] 例如沸水反應型核電廠（以下稱為 BWR 電廠），係於核子反應爐壓力容器（稱為 RPV）內具有內藏爐心之核子反應爐。藉由再循環泵（或內部泵），爐心所供給之爐水，藉由於爐心內所裝載之燃料集合體內之核燃料物質的核分裂所產生的熱來加熱，一部分變成蒸氣。此蒸氣係從 RPV 導向渦輪，而使渦輪回轉。從渦輪所排出之蒸氣，係以冷凝器凝縮而成為水。此水係作為供水供給於 RPV。供水為了抑制於 RPV 內之放射性腐蝕生成物的產生，以供水配管所設置之過濾脫鹽裝置作為主體來去除金屬雜質。所謂爐水係存在於 RPV 內之冷卻水。

[0003] 又，成為放射性腐蝕生成物源頭之腐蝕生成物，由於係在與 RPV 及再循環系統配管等之 BWR 電廠之構成構件的爐水接觸之表面產生，主要之一次系構成構件

中係使用腐蝕少之不銹鋼及鎳基合金等之不銹鋼。又，低合金鋼製之 RPV 係於內面實施不銹鋼之積聚，低合金鋼則防止直接與爐水接觸。進而，將爐水之一部分藉由核子反應爐淨化系統之過濾脫鹽裝置淨化，積極去除爐水中僅存之金屬雜質。

[0004] 惟，即使採取如上述之腐蝕對策，為了避免在爐水中僅存在些微之金屬雜質，一部分之金屬雜質係作為金屬氧化物，附著在包含燃料集合體之燃料棒的表面。燃料棒表面所附著之雜質（例如金屬元素），係藉由由燃料棒內之核燃料物質的核分裂所釋出之中性子的照射，而引起原子核反應，成為鈷 60、鈷 58、鉻 51、錳 54 等之放射性核種。

[0005] 此等之放射性核種大部分係以氧化物的形態保持附著在燃料棒表面。然而，一部分放射性核種因應已被納入氧化物的溶解度，而於爐水中作為離子溶出，或是作為被稱為包層之不溶性固體再度被釋出於爐水中。爐水所包含之放射性物質係藉由 RPV 所連繫之核子反應爐淨化系統去除。於核子反應爐淨化系統未去除之放射性物質與爐水一起循環於再循環系統等期間，累積在與核電廠之構成構件（例如配管）的爐水接觸之表面。其結果，從構成構件的表面放射放射線，成為定檢作業時工作人員被放射線曝露的原因。

[0006] 該工作人員之曝露劑量係以不超過每一個人之規定值的方式被管理。近年來降低此規定值，造成有必

要盡可能降低每個人的曝露劑量。

[0007] 因此，預料於定檢作業之曝露劑量高時，溶解配管所附著之放射性核種，實施去除之化學去污。例如日本特開 2000-105295 號公報係提案有進行使用包含草酸及肼之水溶液（還原去污液）之還原去污、草酸及肼之分解、使用過錳酸鉀水溶液（氧化去污液）之氧化去污之化學去污方法。此化學去污方法係將核電廠之配管等作為對象進行。

[0008] 日本特開 2001-74887 號公報記載有連接於以不銹鋼製之 RPV 所連接之再循環系統配管內、及再循環系統配管，供給過錳酸鉀水溶液於核子反應爐淨化系統之碳鋼製之淨化系統配管內，對於該等之配管的內面實施氧化去污，之後，將包含草酸及肼之水溶液分別供給於再循環系統配管及淨化系統配管，以實施還原去污，還原去污後進行該水溶液所包含之草酸及肼的分解。

[0009] 又，日本特開 2004-286471 號公報及日本特開 2004-170278 號公報記載有進行將從核電廠所去除之不銹鋼製之機器及配管等之去污對象物，收納在去污槽內之化學去污之化學去污方法。於此化學去污方法，為了將去污對象物進行去污，將包含以濃度比為 0.9 之蟻酸及 0.1 之草酸之混合水溶液供給於去污槽內，實施去污對象物的還原去污。還原去污結束後，供給過氧化氫（或臭氧）於該混合水溶液以分解蟻酸及草酸。

[0010] 日本特開 2002-333498 號公報記載有化學去

污方法。於此化學去污方法，使用包含有機酸（例如蟻酸）及過氧化氫之水溶液（還原去污水溶液）之碳鋼的化學去污、具體實施還原去污。進而，於日本特開 2003-90897 號公報所記載之化學去污方法，使用草酸水溶液進行碳鋼構件之還原去污，在還原去污後，接觸酸溶液（例如蟻酸水溶液）於該碳鋼構件，使用草酸水溶液之還原去污時，去除於碳鋼構件之表面所生成之草酸鐵。

[0011] 日本特開昭 62-250189 號公報記載有進行使用包含丙二酸、草酸及胼之水溶液之不銹鋼製之核子反應爐一次系機器的還原去污之化學去污方法。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[0012]

[專利文獻 1] 日本特開 2000-105295 號公報

[專利文獻 2] 日本特開 2001-74887 號公報

[專利文獻 3] 日本特開 2004-286471 號公報

[專利文獻 4] 日本特開 2004-170278 號公報

[專利文獻 5] 日本特開 2002-333498 號公報

[專利文獻 6] 日本特開 2003-90897 號公報

[專利文獻 7] 日本特開昭 62-250189 號公報

【發明內容】

[發明欲解決之課題]

[0013] 於將不銹鋼構件作為對象之使用草酸水溶液的還原去污，草酸水溶液中之鐵濃度不會上昇至足以析出草酸鐵（II）之程度。惟，如日本特開 2001-74887 號公報所記載，將使用草酸水溶液之碳鋼構件（例如核子反應爐淨化系統之淨化系統配管）作為對象進行還原去污時，對於草酸水溶液之碳鋼構件的比率提高時，草酸水溶液中之鐵濃度上昇，藉由作為碳鋼構件之基底材料及氧化被膜之磁鐵礦的溶解，草酸水溶液所溶出之 Fe^{2+} 離子形成草酸與錯合物，作為草酸鐵（II）析出於與碳鋼構件之草酸水溶液接觸之表面。

[0014] 此草酸鐵（II）由於溶解度低，而析出於作為 Fe^{2+} 離子主要產生源之碳鋼構件的表面。草酸鐵（II）被析出於碳鋼構件的表面所形成之氧化被膜上時，在還原去污時，藉由該氧化被膜之草酸水溶液以阻礙溶解。此結果，抑制氧化被膜所包含之放射性核種之溶解，降低對於碳鋼構件之化學去污的效率。

[0015] 於日本特開 2002-333498 號公報，係使用包含有機酸（例如蟻酸）及過氧化氫之水溶液，以提昇碳鋼構件的表面所形成之氧化被膜的溶解力。為了藉由氧化被膜的溶解以去除該水溶液所溶出之 Fe^{2+} 離子及放射性核種之陽離子，有必要將包含有機酸、過氧化氫及 Fe^{2+} 離子之該水溶液，供給於填充陽離子交換樹脂之陽離子交換樹脂塔。然而，由於過氧化氫使陽離子交換樹脂塔內之陽離子交換樹脂劣化，且由於無法將溶出之 Fe^{2+} 離子及包含放射

性核種之陽離子、有機酸及過氧化氫之該水溶液供給於陽離子交換樹脂塔，故無法使水溶液中之 Fe^{2+} 離子及放射性核種之陽離子個別的濃度降低。此結果導致降低碳鋼構件之化學去污的效率。

[0016] 於日本特開 2003-90897 號公報所記載之化學去污方法，使用草酸水溶液之碳鋼構件的還原去污中，將碳鋼構件的表面所析出之草酸鐵（II），分解草酸水溶液所包含之草酸之後，使用蟻酸水溶液進行溶解。然而，草酸鐵（II）使用草酸水溶液進行碳鋼構件之還原去污時，由於析出於碳鋼構件表面之氧化被膜上，故抑制藉由草酸水溶液之氧化被膜的溶解。又，日本特開 2003-90897 號公報所記載之化學去污方法於使用草酸水溶液之碳鋼構件的還原去污步驟之後，為了實施使用蟻酸水溶液之草酸鐵（II）的分解步驟，碳鋼構件之化學去污所需時間增長。

[0017] 本發明之目的係提供一種可進一步提昇碳鋼構件之還原去污效率之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法。

[用以解決課題之手段]

[0018] 達成上述目的之本發明之特徵，係使包含丙二酸及 50ppm～400ppm 範圍內之草酸之還原去污液與核電廠之碳鋼構件的表面接觸，藉由該還原去污液進行碳鋼構件的表面之還原去污。

[0019] 藉由草酸，溶解碳鋼構件的表面所形成之鐵

氧化物的被膜，藉由丙二酸，溶解碳鋼構件之基底材料，鐵氧化物及碳鋼構件之基底材料所包含之放射性核種溶出於還原去污液。由於還原去污液所包含之草酸濃度為0ppm~400ppm的範圍內，抑制對碳鋼構件的表面所形成之鐵氧化物被膜上之草酸鐵（II）的析出，藉由草酸可有效率進行鐵氧化物被膜之溶解。由於可有效率進行鐵氧化物被膜之溶解，故藉由丙二酸亦可有效率進行包含碳鋼構件之基底材料之放射性核種部分的溶解。因此，可進一步提昇碳鋼構件之還原去污的效率。

[0020] 上述之目的係注入氧氣於包含丙二酸及草酸之還原去污液，包含丙二酸及草酸，使注入氧氣之還原去污液，與核電廠之碳鋼構件的表面接觸，亦可藉由該還原去污液進行碳鋼構件的表面之還原去污而達成。

[發明效果]

[0021] 根據本發明，可進一步提昇碳鋼構件之還原去污的效率。

【圖式簡單說明】

[0022]

[圖 1] 係顯示本發明之合適之一實施例之實施例 1 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法的處理順序之流程圖。

[圖 2] 係在實施例 1 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法的實施時，顯示對沸水反應型核電廠之化學去污裝置

的連接狀態之說明圖。

[圖 3] 係圖 2 所示之化學去污裝置的詳細構成圖。

[圖 4] 對於還原去污劑之草酸、蟻酸及丙二酸之個別水溶液之 pH，顯示碳鋼製試驗片之溶解厚度變化之特性圖。

[圖 5] 在使用草酸、蟻酸及丙二酸之個別水溶液時，顯示赤鐵礦（ $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ）及磁鐵礦（ Fe_3O_4 ）之個別溶解量之說明圖。

[圖 6] 對於包含丙二酸及草酸之水溶液的草酸濃度之變化，顯示碳鋼製試驗片之溶解的厚度變化之特性圖。

[圖 7] 對於包含丙二酸及草酸之水溶液的草酸濃度之變化，顯示鐵氧化物的溶解量之變化之特性圖。

[圖 8] 顯示浸漬於包含丙二酸及草酸之水溶液之碳鋼製試驗片之溶解的厚度之隨時間變化之特性圖。

[圖 9] 對於包含丙二酸及草酸之水溶液之溫度，顯示碳鋼製試驗片之溶解的厚度之變化之特性圖。

[圖 10] 係顯示本發明之其他合適之實施例之實施例 2 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法的處理順序之流程圖。

[圖 11] 係在實施例 2 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法的實施時，顯示對沸水反應型核電廠之化學去污裝置的連接狀態之說明圖。

[圖 12] 係圖 11 所示之化學去污裝置的詳細構成圖。

[圖 13] 係顯示本發明之其他合適之實施例之實施例

3 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法的處理順序之流程圖。

[圖 14] 係在實施例 3 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法中所使用之化學去污裝置的構成圖。

[圖 15] 係在實施例 3 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法中所使用之洗淨去污對象物之洗淨裝置之構成圖。

[圖 16] 係圖 14 所示之化學去污裝置所使用之氧氣供給裝置之其他實施例之構成圖。

【實施方式】

[0023] 發明者們，研討各種可進一步提昇碳鋼構件之還原去污的效率之方法的結果，在碳鋼構件之還原去污時，藉由草酸鐵（II）析出的抑制、及還原去污，完成有必要達成還原去污液所溶出之 Fe^{2+} 離子及放射性核種之陽離子持續之去除的認識。而且，發明者們，發現可達成此等之碳鋼構件之化學去污方法。將發明者們進行檢討的內容及所得之結果說明於以下。

[0024] 發明者們，首先使用化學去污劑，具體而言，使用草酸、蟻酸及丙二酸分別之水溶液（還原去污液），對於碳鋼製之試驗片，進行確認化學去污之一種之還原去污的效果之試驗。於此試驗，草酸水溶液、蟻酸水溶液及丙二酸水溶液填充於個別之燒杯，碳鋼製之試驗片浸漬 6 小時於個別的燒杯內之 90°C 水溶液。這樣一來，對於各試驗片，進行藉由各水溶液之還原去污。將於此試

驗所得之結果示於圖 4。圖 4 係對於個別水溶液之 pH 變化，顯示試驗片之溶解厚度的變化。

[0025] 由圖 4 所示之試驗結果，碳鋼製之試驗片之溶解的厚度係因浸漬此試驗片之水溶液而有所不同，成為（蟻酸水溶液）>（丙二酸水溶液）>（草酸水溶液）。浸漬於蟻酸水溶液之試驗片之溶解的厚度為最大，浸漬於草酸水溶液之試驗片之溶解的厚度為最小。浸漬於草酸水溶液之試驗片幾乎未溶解。又，浸漬於草酸水溶液之試驗片的表面，附著被認為是草酸鐵（II）之黃色析出物。

[0026] 於使用丙二酸水溶液之試驗片之還原去污，在此水溶液之 pH 從 1.7（丙二酸水溶液之丙二酸濃度：19000ppm）至 2.0（丙二酸濃度：5200ppm）的範圍，可溶解碳鋼製試驗片。進而，丙二酸水溶液之 pH 成為 1.8（丙二酸濃度：12000ppm）以下時，較 pH 為 1.9（丙二酸濃度：7800ppm）以上時，更加急速增大碳鋼製之試驗片的溶解。

[0027] 進而，進行藉由草酸水溶液、蟻酸水溶液及丙二酸水溶液，來確認鐵氧化物之赤鐵礦（ $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ）及磁鐵礦（ Fe_3O_4 ）個別之溶解性的試驗。此試驗係將草酸水溶液、蟻酸水溶液及丙二酸水溶液分別填充 300ml 於個別的燒杯內，將各水溶液的溫度保持在 90℃。各水溶液之 pH 為 2.0。浸漬 6 小時係鐵氧化物之赤鐵礦在填充於個別燒杯內之各水溶液，藉由個別之水溶液確認赤鐵礦之溶解性。而且將作為其他鐵氧化物之磁鐵礦，以與赤鐵礦

相同之條件，浸漬於填充在個別燒杯內之各水溶液，藉由個別之水溶液確認磁鐵礦之溶解性。

[0028] 將於此試驗所得之結果示於圖 5。圖 5 係藉由作為還原去污液之草酸水溶液、蟻酸水溶液及丙二酸水溶液中之 Fe^{2+} 離子濃度，來顯示赤鐵礦及磁鐵礦個別之溶解性。 Fe^{2+} 離子濃度越大，顯示赤鐵礦及磁鐵礦個別之溶解性越大。赤鐵礦及磁鐵礦個別之溶解性成為（草酸水溶液）>（丙二酸水溶液）>（蟻酸水溶液），藉由草酸水溶液之赤鐵礦及磁鐵礦的溶解為最大。又，蟻酸水溶液幾乎無法溶解赤鐵礦。

[0029] 根據以上之試驗結果，瞭解到於碳鋼及鐵氧化物的溶解，適合為丙二酸。又，藉由添加微量草酸於丙二酸水溶液，可直接維持碳鋼構件的溶解量，提昇碳鋼構件的表面所形成之氧化被膜之鐵氧化物的溶解。

[0030] 發明者們，進行藉由添加草酸於丙二酸水溶液所生成之包含丙二酸及草酸之水溶液，來確認碳鋼之溶解的試驗。丙二酸濃度為 5200ppm 之丙二酸水溶液中，將草酸的濃度使其從 0ppm 變化至 1200ppm，將不同草酸濃度之丙二酸水溶液以預定量填充於個別之燒杯內，將各丙二酸水溶液的溫度保持在 90℃。將碳鋼製之試驗片浸漬 6 小時於各燒杯內之草酸濃度不同之丙二酸水溶液，對於各試驗片進行還原去污。於此試驗，並未注入氧氣於各燒杯內之丙二酸水溶液。

[0031] 藉由此試驗所得之結果，係在圖 6 以 ○ 印

（未將氧注入丙二酸水溶液）表示。尚且，圖 6 中，注入氧氣，於草酸濃度不同之丙二酸水溶液，浸漬碳鋼製之試驗片所得之試驗結果合併以●印表示。注入氧氣，使用草酸濃度不同之丙二酸水溶液之試驗的條件係與未注入氧氣，使用草酸濃度不同之丙二酸水溶液之試驗的條件相同。

[0032] 丙二酸水溶液的草酸濃度從 50ppm 至 400ppm 的範圍內，碳鋼製之試驗片之溶解的厚度為藉由未添加草酸之丙二酸水溶液而成為碳鋼製之試驗片之溶解的厚度以上。另外，丙二酸水溶液的草酸濃度成為 500ppm 以上時，碳鋼製之試驗片之溶解的厚度係藉由未包含草酸之丙二酸水溶液較該試驗片之溶解的厚度更小。尚且，將氧氣注入草酸濃度不同之丙二酸水溶液時，於從 50ppm 至 400ppm 的草酸濃度的範圍內，較未注入氧氣於包含草酸之丙二酸水溶液的情況，碳鋼製之試驗片之溶解的厚度更增大。

[0033] 發明者們，進而，進行使用草酸濃度於 0ppm ~ 200ppm 的範圍內使其變化之丙二酸水溶液，來確認鐵氧化物的溶解之試驗。於本試驗所用之丙二酸水溶液（還原去污液）的丙二酸濃度為 5200ppm。丙二酸濃度為 5200ppm 之丙二酸水溶液中，使草酸濃度在 0ppm ~ 200ppm 的範圍內進行 0ppm、50ppm、100pp 及 200ppm 4 段階的變化。

將如此草酸濃度不同之 4 種丙二酸水溶液分別填充

300ml 於個別的燒杯內，將各燒杯內之丙二酸水溶液保持在 90°C 。浸漬 6 小時鐵氧化物（例如赤鐵礦或磁鐵礦）於個別燒杯內之丙二酸水溶液。將所得之試驗結果示於圖 7。從圖 7 所示之試驗結果，瞭解到丙二酸水溶液的草酸濃度越增加， Fe^{2+} 離子濃度越增加，亦即，鐵氧化物的溶解量增加。

[0034] 發明者們，進行藉由包含丙二酸及草酸之水溶液進行還原去污時，用以確認碳鋼製之試驗片之溶解的厚度之經時變化之試驗。將於此試驗所得之結果示於圖 8。圖 8 中，顯示試驗片之溶解的厚度之經時變化的同時，亦一併顯示包含丙二酸及草酸之水溶液（還原去污液）中 Fe^{2+} 離子濃度之變化。該還原去污液中之 Fe^{2+} 離子濃度成為飽和狀態時，碳鋼製之試驗片之溶解的厚度亦有飽和之傾向。

[0035] 從作為試驗片之碳鋼構件的鐵的溶解速度 dM/dt 係根據整體水中之 Fe 離子濃度 C_{bulk} 、碳鋼構件表面之 Fe 離子濃度 C_s 、及從碳鋼構件之鐵的溶解速度 k ，以式（1）表示。亦即，增加整體水中之 Fe 離子濃度 C_{bulk} 時，減少從碳鋼構件之鐵的溶解速度 k 。

[0036]

$$dM/dt = k \times (C_{\text{bulk}} - C_s) \quad \dots (1)$$

據此，為了增加碳鋼構件之溶解量，有必要去除來自還原去污液中之鐵離子。

[0037] 發明者們，進行調查包含丙二酸及草酸之水

溶液的溫度，來給予碳鋼構件之溶解影響的試驗。於此試驗，係將包含丙二酸濃度為 5200ppm 之丙二酸水溶液（未包含草酸）、及 5200ppm 之丙二酸及 100ppm 的草酸之水溶液分別填充於燒杯，將碳鋼製之試驗片分別浸漬於個別燒杯內之水溶液。而且於個別水溶液使溫度從 60℃ 至 90℃ 的範圍變化，以各溫度條件，測定浸漬於個別水溶液之試驗片的溶解厚度。尚且，於沸騰水溶液時，由於溶解水溶液之放射性核種有伴隨所產生之蒸氣飛散的可能性，故水溶液的溫度保持在沸點以下。

[0038] 將本試驗所得之結果示於圖 9。從圖 9 所示之試驗結果，瞭解到藉由將包含丙二酸及草酸之水溶液的溫度成為 60℃ 以上，可溶解碳鋼構件。特別是將包含丙二酸及草酸之水溶液的溫度成為 80℃ 以上時，增加碳鋼構件的溶解量。

[0039] 根據以上之試驗結果，實現草酸鐵（II）析出的抑制、及由還原去污溶出還原去污液之 Fe^{2+} 離子及放射性核種之陽離子的持續去除，進一步提昇碳鋼構件之還原去污的效率之第 1 案，係草酸濃度存在於 50ppm~400ppm 的範圍內，實施使用包含丙二酸及草酸之水溶液（還原去污液）之碳鋼構件的還原去污。藉由使用如此之水溶液以進行碳鋼構件之還原去污，維持藉由丙二酸之碳鋼構件的溶解量，可直接提昇與碳鋼構件之還原去污液接觸之表面所形成之鐵氧化物的溶解量，可進一步提昇碳鋼構件之還原去污的效率。草酸濃度存在於 50ppm~400ppm 的範圍

內，包含丙二酸及草酸之還原去污液之丙二酸的濃度期望成為 2100ppm~19000ppm 的範圍內。從抑制供用中之核電廠所使用之機器的損傷觀點來看，更期望上述之還原去污液之丙二酸濃度成為 2100ppm~7800ppm 的範圍內。

另外，核電廠中，藉由更換對於成為所取出廢棄物之碳鋼製之機器及配管，於還原去污所使用之上述之還原去污液（草酸濃度存在於 50ppm~400ppm 的範圍內，包含丙二酸及草酸之水溶液），更期望丙二酸濃度成為 12300ppm~19000ppm 的範圍內。在此還原去污液之還原去污中之溫度，係期望於 60℃ 以上該還原去污液之沸點的溫度以下的範圍內，較佳為 80℃ 以上該沸點的溫度以下的範圍內。

[0040] 藉由草酸鐵（II）析出之抑制、及還原去污，實現溶出於還原去污液之 Fe^{2+} 離子及放射性核種之陽離子的持續去除，進一步提昇碳鋼構件之還原去污的效率之第 2 案係供給氧氣，使用包含丙二酸及草酸之水溶液以實施碳鋼構件之還原去污。藉由使用如此之水溶液以進行碳鋼構件之還原去污，維持藉由丙二酸之碳鋼構件的溶解量，可直接提昇與碳鋼構件之還原去污液接觸之表面所形成之鐵氧化物的溶解量，可進一步提昇碳鋼構件之還原去污的效率。

[0041] 反映上述之檢討結果，將本發明之實施例說明於以下。

[實施例 1]

[0042] 將作為本發明合適之一實施例之實施例 1 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，使用圖 1、圖 2 及圖 3 進行說明。本實施例之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法係適用於沸水反應型核電廠（以下稱為 BWR 電廠）之碳鋼製之配管（例如淨化系統配管）之例。

[0043] 將適用本實施例之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法之 BWR 電廠的概略構成，使用圖 2 進行說明。BWR 電廠係具備核子反應爐 1、渦輪 10、冷凝器 12、再循環系統、核子反應爐淨化系統及供水系統等。設置於核子反應爐格納容器 7 內之核子反應爐 1 係具有內藏爐心 3 之核子反應爐壓力容器（以下稱為 RPV）2，並設置噴射泵 6 於 RPV 2 內。爐心 3 中裝載複數之燃料集合體（未圖示）。各燃料集合體係包含填充以核燃料物質所製造之複數燃料顆粒之複數燃料棒。再循環系統係具有再循環泵 5 及不銹鋼製之再循環系統配管 4，再循環泵 5 設置於再循環系統配管 4。再循環系統配管 4 中，閥 9 係被設置於再循環泵 5 之上流側，閥 8 係被設置於再循環泵 5 之下流側。尤其是閥 9 係被設置於較再循環系統配管 5 與淨化系統配管 21 之連接點更上流的位置。供水系統係於連繫冷凝器 12 與 RPV 2 之供水配管 13，將凝結泵 14、凝結淨化裝置 15、低壓供水加熱器 16、供水泵 17 及高壓供水加熱器 18 依此順序面對從冷凝器 12 至 RPV 2 設置而構成。氫注入裝置 20 係於凝結泵 14 之上流連接至供水配管 13。

核子反應爐水淨化系統係於連繫再循環系統配管 4 與供水配管 13 之淨化系統配管 21，將淨化系統泵 22、再生熱交換器 23、非再生熱交換器 24 及爐水淨化裝置 25 依此順序面對從上流至下流設置而構成。淨化系統配管 21 係於再循環泵 5 之上流連接至再循環系統配管 4。

[0044] RPV 2 內之冷卻水（以下稱為爐水）係以再循環泵 5 昇壓，通過再循環系統配管 4 從噴射泵 6 之噴嘴（未圖示）噴出至噴射泵 6 之喇叭口（未圖示）內。存在於此噴嘴周圍之爐水係藉由從噴嘴所噴出之噴出流的作用，被吸引至喇叭口內。從噴射泵 6 所吐出之爐水係供給於爐心 3，藉由於燃料棒內之核燃料物質的核分裂所產生的熱進行加熱。經加熱之爐水的一部分成為蒸氣。此蒸氣係從 RPV 2 被排出至主蒸氣配管 11，通過主蒸氣配管 11 被引導至渦輪 10，使渦輪 10 回轉。連結於渦輪 10 之發電機（未圖示）進行回轉而產生電力。從渦輪 10 所排出之蒸氣係以冷凝器 12 凝縮而成為水。

[0045] 此水作為供水，通過供水配管 13 而供給至 RPV 2 內。流通供水配管 13 之供水係以凝結泵 14 昇壓，以凝結淨化裝置 15 去除雜質，以供水泵 17 進一步昇壓，並以低壓供水加熱器 16 及高壓供水加熱器 18 加熱。以抽氣配管 19 從主蒸氣配管 11、渦輪 10 所抽氣之抽氣蒸氣係分別被供給至低壓供水加熱器 16 及高壓供水加熱器 18，成為流通供水配管 13 內之供水的加熱源。

[0046] RPV 2 內之爐水係伴隨著受到由爐心 3 所裝載

之燃料集合體所包含之核燃料物質的核分裂所產生之放射線的照射，而引起放射線分解，產生過氧化氫及氧等之氧化性化學種。藉由此氧化性化學種而與爐水接觸，上昇 BWR 電廠之構成構件的腐蝕電位。因此，於 BWR 電廠，相對於應力腐蝕破裂，作為環境緩和對策，從氫注入裝置 20 於流通供水配管 13 內之供水注入氫。供水所包含之氫係注入至 RPV 2 內之爐水。藉由使此氫與爐水所包含之過氧化氫及氧等之氧化性化學種進行反應，減低爐水之氧化性化學種濃度，並降低 BWR 電廠之構成構件的腐蝕電位。

[0047] 在以上所述之 BWR 電廠，對於作為碳鋼構件之淨化系統配管 21 之化學去污，為了交換爐心 3 所裝載之燃料集合體，故於停止 BWR 電廠運轉時進行。該化學去污係以將化學去污裝置 28 之循環配管 29 的一端部連接至淨化系統配管 21 所設置之閥 26，將循環配管 29 之另一端部連接至淨化系統配管 21 所設置之閥 27 的除體來進行。閥 26 時於再循環系統配管 4 側、閥 27 之再生熱交換器 23 側，以不流動化學去污液的方式設置關閉插件。

[0048] 將化學去污裝置 28 之詳細構成使用圖 3 進行說明。化學去污裝置 28 係具備循環配管（化學去污液配管）29、冷卻裝置 30、緩衝槽 31、丙二酸注入裝置 32、草酸注入裝置 37、陽離子交換樹脂塔 42、混床樹脂塔 43、分解裝置 44、氧化劑供給裝置 45 及循環泵 82、83。開閉閥 48、循環泵 82、冷卻裝置 30、閥 49、50、緩衝槽

31、循環泵 83 及開閉閥 51 係由上流依此順序設置循環配管 29。兩端被連接至循環配管 29，於繞行閥 49 之配管 52，設置閥 53、填充陽離子交換樹脂之陽離子交換樹脂塔 42、及閥 54。於緩衝槽 31 中設置加熱器 61。兩端連接至配管 52，於繞行閥 53、陽離子交換樹脂塔 42 及閥 54 之配管 55，設置閥 56、填充陽離子交換樹脂及陰離子交換樹脂之混床樹脂塔 43、及閥 54。

[0049] 設置閥 59、分解裝置 44 及閥 60 之配管 58 係繞行閥 50 而連接至循環配管 29。分解裝置 44 係於內部，例如將鈉填充經添著之活性碳觸媒至活性碳的表面。

[0050] 氧化劑供給裝置 45 係具備填充氧化劑（例如過氧化氫）之藥液槽 46、供給泵 47 及氧化劑供給配管 48。藥液槽 46 係藉由設置供給泵 47 之氧化劑供給配管 48，於閥 59 與分解裝置 44 之間連接配管 58。

[0051] 丙二酸注入裝置 32 及草酸注入裝置 37 係於閥 50 與緩衝槽 31 之間連接循環配管 29。丙二酸注入裝置 32 係具有藥液槽 33、注入泵 34 及注入配管 36。藥液槽 33 藉由具有注入泵 34 及閥 35 之注入配管 36 連接循環配管 29。藥液槽 45 填充丙二酸水溶液。

[0052] 草酸注入裝置 37 係具有藥液槽 38、注入泵 39 及注入配管 41。藥液槽 38 係藉由具有注入泵 39 及閥 40 之注入配管 41 連接至循環配管 29。藥液槽 38 填充草酸水溶液。

[0053] 將使用化學去污裝置 28，本實施例之核電廠

之碳鋼構件之化學去污方法根據圖 1 所示之順序進行說明。

[0054] 將化學去污裝置連接至實施 BWR 電廠之化學去污之配管系統（步驟 S1）。以停止 BWR 電廠之運轉的狀態，化學去污裝置 28 之循環配管 29 的一端部如前述，連接至淨化系統配管 21 所設置之閥 26，循環配管 29 之另一端部連接至淨化系統配管 21 所設置之閥 27。化學去污裝置 28 以淨化系統配管 21 所連接之狀態，形成包含循環配管 29 及淨化系統配管 21 之閉環。還原去污液以不流入再循環配管 4 的方式，關閉插件（未圖示）設置於閥 26 之再循環系統配管 4 側。進而，還原去污液以不流入再生熱交換器 23 的方式，關閉插件（未圖示）設置於再生熱交換器 23 側。

[0055] 進行循環水的溫度調節（步驟 S2）。將閥 35 及 40 成為關閉狀態，打開開閉閥 48 及 51、及閥 49、50、53～57、59、60，於閥 26 與閥 27 之間的淨化系統配管 21、循環配管 29、配管 52、55 及 58、緩衝槽 31、陽離子交換樹脂塔 42、混床樹脂塔 43、分解裝置 44 及循環泵 82、83 內，將離子交換水通過循環配管 29 所連接之水供給管（未圖示）進行供給，將該等之中以離子交換水充滿。

[0056] 維持打開開閉閥 48 及 51、及閥 49、50，並關閉閥 53～57、59 及 60，驅動循環泵 82、83。存在於循環配管 29 及緩衝槽 31 內之離子交換水係循環包含循環配

管 29 及淨化系統配管 21 之閉環內。通電至加熱器 61，緩衝槽 31 內之離子交換水藉由加熱器 61 進行加熱。藉由由加熱器 61 之加熱，循環該閉環內之水的溫度上昇至設定溫度（例如、90℃）時，停止藉由加熱器 61 進行循環之水的加熱。循環於循環配管 29 及淨化系統配管 21 內之離子交換水的溫度藉由加熱器 61 調節至所設定溫度之 90℃。

[0057] 注入丙二酸（步驟 S3）。丙二酸水溶液係從丙二酸注入裝置 32 注入循環配管 29。亦即，打開閥 35 驅動注入泵 34，藥液槽 33 內之丙二酸水溶液通過注入配管 36 注入至流入循環配管 29 內之離子交換水。

[0058] 注入草酸（步驟 S4）。草酸水溶液係從草酸注入裝置 37 注入循環配管 29。亦即，打開閥 40 驅動注入泵 39，藥液槽 38 內的草酸水溶液通過注入配管 41 注入至流入循環配管 29 內之離子交換水。丙二酸注入裝置 32 所注入之丙二酸水溶液達到注入配管 41 與循環配管 29 之連接點時，進行草酸水溶液的注入。

[0059] 將緩衝槽 31 內之水溶液之丙二酸及草酸的個別濃度以離子層析等適當測定。緩衝槽 31 內之水溶液之經測定之草酸濃度成為 400ppm 時，停止注入泵 39 關閉閥 40。藉此，停止對草酸水溶液之循環配管 29 的注入。注入草酸水溶液期間，雖注入丙二酸水溶液，但緩衝槽 31 內之水溶液之經測定之丙二酸濃度成為 5200ppm 時，停止注入泵 34 並關閉閥 35。藉此，停止對丙二酸水溶液

之循環配管 29 的注入。

[0060] 對丙二酸水溶液及草酸水溶液之循環配管 29 的注入，於丙二酸水溶液之注入後，取代注入草酸水溶液，可於草酸水溶液之注入後，注入丙二酸水溶液。此時，將草酸注入裝置 37 以置於較丙二酸注入裝置 32 更上流般，連接至循環配管 29 即可。

[0061] 藉由對流通丙二酸水溶液及草酸水溶液之循環配管 29 內之離子交換水的注入，於緩衝槽 31 內，生成包含濃度為 5200ppm 之丙二酸及濃度例如為 400ppm 之草酸之 90℃ 水溶液（還原去污液）。

[0062] 實施還原去污（步驟 S5）。於 90℃ 包含 5200ppm 之丙二酸及 400ppm 的草酸之水溶液藉由循環泵 82、83 之驅動，通過循環配管 29，供給至作為 BWR 電廠之碳鋼構件的淨化系統配管 21 內。包含此丙二酸及草酸之水溶液流動至淨化系統配管 21 內時，與淨化系統配管 21 之內面接觸。藉由此水溶液所包含之草酸的作用，淨化系統配管 21 之內面所形成之氧化被膜更被溶解，藉由丙二酸的作用，使淨化系統配管 21 之基底材料之碳鋼的一部分溶解。因此，氧化被膜所包含之放射性核種及淨化系統配管 21 內面附近之基底材料所包含之放射性核種溶出於包含丙二酸及草酸之水溶液。包含丙二酸及草酸之水溶液係包含從氧化被膜及淨化系統配管 21 之基底材料所溶出之 Fe^{2+} 離子及放射性核種的陽離子，從淨化系統配管 21 排出至循環配管 29。步驟 S5 中開始還原去污時（或注

入丙二酸水溶液時），打開閥 53 及 54 由開度調節來減低閥 49 之開度，從淨化系統配管 21 排出至循環配管 29，該水溶液之一部分被導向陽離子交換樹脂塔 42。包含丙二酸及草酸之水溶液所包含之 Fe^{2+} 離子及放射性核種之陽離子係於陽離子交換樹脂塔 42 內被吸著至陽離子交換樹脂而去除。

[0063] 實施還原去污，設置放射線檢測器（未圖示）於淨化系統配管 21 之去污對象處附近，將從該淨化系統配管 21 之去污對象處所釋出之放射線以放射線檢測器進行測定。根據從放射線檢測器所輸出之放射線檢出信號，求得該還原施工對象處之劑量率。所求得之劑量率變成設定劑量率（例如為 0.1mSv/h ）以下為止，於 90°C 包含 5200ppm 之丙二酸及 400ppm 的草酸之水溶液，一邊循環於循環配管 29 及淨化系統配管 21 一邊實施淨化系統配管 21 之內面的還原去污，該水溶液所溶出之 Fe^{2+} 離子及放射性核種之陽離子於陽離子交換樹脂塔 42 被去除。

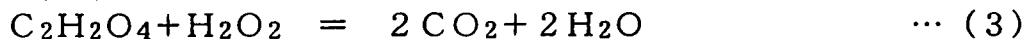
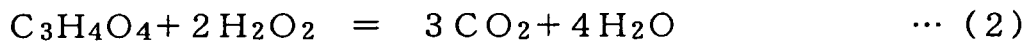
[0064] 淨化系統配管 21 之去污對象處的劑量率成為設定劑量率（例如 0.1mSv/h ）以下時，或開始淨化系統配管 21 之還原去污之後，經過預定時間（例如從 6 小時至 12 小時）時，結束對於淨化系統配管 21 之還原去污。

[0065] 分解還原去污劑（步驟 S6）。結束還原去污時，打開閥 59 及 60 使閥 50 之開度減低，從淨化系統配管 21 排出至循環配管 29 之包含丙二酸及草酸之水溶液之一部分供給至分解裝置 44。丙二酸及草酸係還原去污

劑。藉由驅動供給泵 47，過氧化氫係通過從藥液槽 46 至氧化劑供給配管 48 供給至分解裝置 44。該水溶液所包含之丙二酸及草酸係於分解裝置 44 內藉由過氧化氫及活性碳觸媒的作用而被分解。

[0066] 丙二酸 ($C_3H_4O_4$) 藉由與式 (2) 所示之過氧化氫之反應，草酸 ($C_2H_2O_4$) 藉由與式 (3) 所示之過氧化氫之反應，分別分解成二氧化碳與水。

[0067]



據此，丙二酸的濃度為 C_{MA} 、草酸的濃度為 C_{OA} 時，過氧化氫之反應當量 C_{HP} 可根據式 (4) 來計算。

[0068]

$$C_{HP} = \{2 \cdot C_{MA} / 104 + C_{OA} / 90\} \times 34 \quad \dots (4)$$

因此，上述之包含丙二酸及草酸之水溶液之丙二酸濃度約為 5200ppm、草酸為 400ppm 時，以式 (4) 算出，導向分解裝置 44 內，該水溶液中之過氧化氫的反應當量成為 3600ppm。期望能以成為反應當量之 1~2 倍程度的濃度般，注入過氧化氫水於分解裝置 44 內之該水溶液中。據此，導向分解裝置 44，包含丙二酸及草酸之水溶液之丙二酸濃度約為 5200ppm，草酸為 400ppm 時，此水溶液之過氧化氫濃度以成為 3600ppm~7200ppm 方式注入過氧化氫水。

[0069] 藉由離子層析之測定，緩衝槽 31 內之水溶液之丙二酸及草酸的個別濃度成為個別檢出限界值 (10ppm

程度)為止,計藏丙二酸及草酸之分解步驟並實施。各濃度低至成為個別檢出限界時,停止供給泵 47 之驅動,停止對分解裝置 44 之過氧化氫的供給,完全打開閥 50 關閉閥 59、60。

[0070] 根據包含丙二酸及草酸之水溶液之丙二酸濃度及草酸濃度之個別測定值,求得過氧化氫之反應當量 C_{HP} ,可改變供給至分解裝置 44 之過氧化氫的注入濃度。藉由適用如此之方法,較供給至分解裝置 44 之過氧化氫的濃度保持在特定濃度的情況,可減低供給至分解裝置 44 之過氧化氫的量。

[0071] 實施淨化步驟(步驟 S7)。結束還原去污劑(丙二酸及草酸)之分解步驟後,停止對緩衝槽 31 所設置之加熱器 61 的通電,接著,起動冷卻器 30。打開閥 56、57 關閉閥 53 及 54,停止對水溶液之陽離子交換樹脂塔 42 的供給。供給冷媒至冷卻器 30,將從淨化系統配管 21 排出至循環配管 29 之水溶液於冷卻器 30 內藉由該冷媒進行冷卻。該水溶液成為可供給至混床樹脂塔 43 程度的溫度(例如室溫)為止,藉由冷卻器 30 之冷媒進行冷卻。經冷卻之水溶液導向混床樹脂塔 43。水溶液所包含之陰離子、及於陽離子交換樹脂塔 42 未去除而殘留之陽離子係吸著於混床樹脂塔 43 內之陰離子交換樹脂及陽離子交換樹脂而被去除。水溶液一邊以冷卻器 30 冷卻一邊循環於循環配管 29 及淨化系統配管 21 內,以混床樹脂塔 43 淨化。從緩衝槽 31 所取樣之水溶液的電氣傳導率成為

100 μ S/m 以下時，打開閥 49，關閉閥 56、57。進而停止循環泵 82、83。

[0072] 將化學去污裝置從實施 BWR 電廠之化學去污之配管系統取出（步驟 S8）。打開循環配管 29 所連接之水排出管（未圖示）所設置之閥（未圖示），將存在於閥 26 與閥 27 之間的淨化系統配管 21、循環配管 29、配管 52、55 及 58、緩衝槽 31、陽離子交換樹脂塔 42、混床樹脂塔 43、分解裝置 44 及循環泵 82、83 內之水，通過水排出管排出至貯藏槽（未圖示）內。結束水的排出後，將循環配管 29 之一端部從淨化系統配管 21 所設置之閥 26 取出，循環配管 29 之另一端部從淨化系統配管 21 所設置之閥 27 取出。化學去污裝置 28 從係 BWR 電廠之化學去污對象物之淨化系統配管 21 取出後，再起動 BWR 電廠。

[0073] 根據本實施例，由於使用包含丙二酸（例如濃度為 5200ppm）、及濃度為 50ppm~400ppm 範圍內之 400ppm 的草酸之水溶液（還原去污液），以實施碳鋼製之淨化系統配管 21 之內面的還原去污，藉由此水溶液所包含之草酸的作用，使淨化系統配管 21 之內面所形成之氧化被膜更加被溶解，藉由丙二酸的作用而溶解係淨化系統配管 21 之基底材料之碳鋼。該水溶液，亦即由於包含丙二酸及草酸之還原去污液所包含之草酸濃度低至 400ppm，藉由此還原去污液進行係碳鋼構件之淨化系統配管 21 之內面的還原去污，而抑制對淨化系統配管 21 之內面所形成之氧化被膜上之草酸鐵（II）的析出，藉由草

酸可有效率地進行氧化被膜的溶解。進而，可更有效率地將淨化系統配管 21 之內面附近之基底材料之碳鋼溶解於丙二酸。因此，可提昇係碳鋼構件之淨化系統配管 21 之內面的還原去污的效率，可更加減低淨化系統配管 21 之劑量率，可減低進行 BWR 電廠保守點檢之工作人員的曝光。

[0074] 使用包含丙二酸、及濃度為 50ppm~400ppm 範圍內之草酸的水溶液以進行碳鋼構件之還原去污之本實施例，如日本特開 2003-90897 號公報所記載之化學去污方法般，於使用草酸水溶液進行碳鋼構件之還原去污後，於進行還原去污期間由於沒有必要將碳鋼構件的表面所析出之草酸鐵（II）使用蟻酸水溶液分解，本實施例之還原去污所需要時間可較日本特開 2003-90897 號公報所記載之化學去污方法更加縮短。

[實施例 2]

[0075] 將適合在本發明之其他實施例之實施例 2 之核電廠的碳鋼構件之化學去污方法，使用圖 10、圖 11 及圖 12 說明。本實施例之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法係適用在 BWR 電廠之碳鋼構件一例之碳鋼製之配管（例如淨化系統配管）、及不銹鋼構件一例之不銹鋼製之配管（例如再循環系統配管）之例。

[0076] 將本實施例之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法所使用之還原去污裝置 28A 使用圖 12 說明。還原去

污裝置 28A 係具有追加氧化去污液注入裝置 62 於實施例 1 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法所使用之還原去污裝置 28 之構成。氧化去污液注入裝置 62 具有藥液槽 63、注入泵 64 及注入配管 66。藥液槽 63 係藉由具有注入泵 64 及閥 65 之注入配管 66 來連接循環配管 29。藥液槽 63 填充氧化去污液之過錳酸鉀水溶液。作為氧化去污液，可取代過錳酸鉀水溶液改使用過錳酸水溶液。

[0077] 將使用化學去污裝置 28A 之本實施例之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法根據圖 10 所示之順序進行說明。於本實施例之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法的順序，步驟 S9～S11 之各步驟追加至實施例 1 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法中所實施之步驟 S1～S8 之各步驟。

[0078] 首先，將化學去污裝置連接至實施 BWR 電廠之化學去污之配管系統（步驟 S1）。以停止 BWR 電廠運轉之狀態，化學去污裝置 28A 之循環配管 29 的一端部（開閉閥 51 側之端部）連接至再循環系統配管 4 所設置之閥 8，循環配管 29 之另一端部（開閉閥 48 側之端部）連接至淨化系統配管 21 所設置之閥 27。化學去污裝置 28A 係以再循環系統配管 4 及淨化系統配管 21 所連接之狀態，形成包含循環配管 29、再循環系統配管 4 及淨化系統配管 21 之閉環。

氧化去污液及還原去污液以不流入 RPV 2 的方式，關閉插件（未圖示）設置在閥 8、9 之 RPV 2 側。進而，氧

化去污液及還原去污液以不流入再生熱交換器 23 的方式，關閉插件（未圖示）設置在再生熱交換器 23 側。

[0079] 與實施例 1 相同，進行循環水的溫度調節（步驟 S2）。步驟 S2 中，與實施例 1 相同，填充離子交換水於循環配管 29、閥 8 與閥 9 之間的再循環系統配管 4、及再循環系統配管 4 與閥 26 之間的淨化系統配管 21 等之內部。於本實施例，於丙二酸注入（步驟 S3）及草酸注入（步驟 S4）之前，實施過錳酸鉀之注入（步驟 S9）及氧化去污（步驟 S10）。

[0080] 注入氧化去污劑（步驟 S9）。於本實施例，使用過錳酸鉀作為氧化去污劑。過錳酸鉀水溶液（氧化去污液）從氧化去污液注入裝置 62 注入循環配管 29。亦即，打開閥 65 驅動注入泵 64 時，藥液槽 63 內之過錳酸鉀水溶液通過注入配管 66 被注入流通循環配管 29 內之離子交換水。注入離子交換水之過錳酸鉀水溶液於緩衝槽 31 內與離子交換水混合，而成為氧化去污液。將過錳酸鉀水溶液與離子交換水之混合水簡單稱為過錳酸鉀水溶液（氧化去污液）。與離子交換水混合所生成之過錳酸鉀水溶液之過錳酸鉀濃度存在於 200ppm~500ppm 的範圍內，例如從藥液槽 63 對循環配管 29 注入過錳酸鉀水溶液使其成為 300ppm。使用過錳酸作為氧化去污劑，可將過錳酸水溶液從藥液槽 63 注入至循環配管 29。

[0081] 實施氧化去污（步驟 S9）。於 90℃ 包含 300ppm 之過錳酸鉀之過錳酸鉀水溶液藉由循環泵 82、83

的驅動，通過循環配管 29，供給至 BWR 電廠不銹鋼構件之再循環系統配管 4 內。過錳酸鉀水溶液流入再循環系統配管 4 內時，與再循環系統配管 4 之內面接觸。藉由此水溶液所包含之過錳酸鉀的作用，溶解再循環系統配管 4 之內面所形成之鉻氧化物被膜。因此，鉻離子及鉻氧化物所包含之放射性核種之陽離子溶出於再循環系統配管 4 內之過錳酸鉀水溶液。再循環系統配管 4 內之過錳酸鉀水溶液從再循環配管 4 流入碳鋼製之淨化系統配管 21 內，不久被排出於循環配管 29。碳鋼製之淨化系統配管 21 之內面中雖形成鐵氧化物被膜，但未形成鉻氧化物被膜。即使將淨化系統配管 21 內流通過錳酸鉀水溶液，過錳酸鉀並未溶解淨化系統配管 21 之內面所形成之鐵氧化物被膜。過錳酸鉀水溶液未進行淨化系統配管 21 之內面的氧化去污，而是流入淨化系統配管 21 內被排出至循環配管 29。

[0082] 過錳酸鉀水溶液係將循環配管 29、再循環系統配管 4 及淨化系統配管 21 內於預定時間（例如從 4 小時至 6 小時）之間，一邊循環一邊進行再循環系統配管 4 之內面的氧化去污。

[0083] 分解氧化去污劑（步驟 S4）。草酸水溶液與實施例 1 之步驟 S4 相同，將從藥液槽 38 注入於流入循環配管 29 內之過錳酸鉀水溶液。藉由草酸水溶液之注入，藉由注入過錳酸鉀水溶液所包含之過錳酸鉀（氧化去污劑）之草酸而被分解（氧化去污劑分解步驟）。

過錳酸鉀之分解，可藉由通過設置緩衝槽 31 之玻璃

窗，將緩衝槽 31 內之水溶液顏色以監視相機監視來確認。過錳酸鉀水溶液顏色為紫色，判斷係藉由草酸水溶液之注入使此紫色變為透明時，而分解過錳酸鉀。分解過錳酸鉀時，停止對草酸水溶液之循環配管 29 的注入，進而，藉由打開閥 53 及 54 之開度調節使閥 49 之開度減低。從淨化系統配管 21 排出於循環配管 29 之該水溶液之一部分被導向陽離子交換樹脂塔 42。

[0084] 步驟 S3（丙二酸水溶液之注入）及步驟 S4（草酸水溶液之注入）之各步驟係與實施例 1 以同樣方式實施，實施步驟 S5 之還原去污。還原去污（步驟 S5）係藉由於 90℃ 包含 5200ppm 之丙二酸及 100ppm 的草酸之水溶液（還原去污液），從循環配管 29 供給於再循環系統配管 4，進而，從再循環系統配管 4 導向淨化系統配管 21 來進行。相對於與包含 5200ppm 之丙二酸及 100ppm 的草酸之水溶液接觸之再循環系統配管 4 及淨化系統配管 21 之個別內面，與實施例 1 之步驟 S5 之還原去污相同，分別與丙二酸及草酸作用，以進行還原去污。

[0085] 將草酸注入裝置 37 以較位於丙二酸注入裝置 32 更上流的方式，連接至循環配管 29，從草酸注入裝置 37 對循環配管 29 的草酸水溶液之注入，即使結束氧化去污劑分解步驟後亦繼續進行（步驟 S4 的草酸之注入），亦可進行步驟 S3 之丙二酸之注入。

[0086] 於再循環系統配管 4 內，藉由草酸的作用，使再循環系統配管 4 之內面所形成之氧化被膜更被溶解，

藉由丙二酸的作用，使再循環系統配管 41 之基底材料之不銹鋼的一部分溶解。因此，氧化被膜所包含之放射性核種及再循環系統配管 4 之內面附近之基底材料所包含之放射性核種溶出於包含丙二酸及草酸之水溶液。因此，流入再循環系統配管 4 內之包含丙二酸及草酸之水溶液係包含經溶出之 Fe^{2+} 離子及放射性核種之陽離子。淨化系統配管 21 中，由藉由丙二酸及草酸之還原去污，與實施例 1 相同， Fe^{2+} 離子及放射性核種之陽離子溶出於該水溶液中。

[0087] 包含 Fe^{2+} 離子及放射性核種之陽離子，包含丙二酸及草酸之水溶液從淨化系統配管 21 被排出至循環系配管 29，導向陽離子交換樹脂塔 42。 Fe^{2+} 離子及放射性核種之陽離子係於陽離子交換樹脂塔 42 內被吸著至陽離子交換樹脂而去除。

[0088] 包含 5200ppm 之丙二酸及 100ppm 的草酸之水溶液，一邊循環包含循環配管 29、再循環系統配管 4 及淨化系統配管 21 之閉環內，一邊對於再循環系統配管 4 及淨化系統配管 21 之個別內面實施還原去污。於此還原去污所產生之 Fe^{2+} 離子及放射性核種之陽離子係於陽離子交換樹脂塔 42 被去除。

[0089] 再循環系統配管 4 及淨化系統配管 21 之個別去污對象處的劑量率變成設定劑量率（例如 0.1mSv/h）以下時，或經過開始還原去污後預定時間（例如從 6 小時至 12 小時）時，對再循環系統配管 4 及淨化系統配管 21 結束還原去污。

[0090] 之後，還原去污劑之分解（步驟 S6）、淨化步驟（步驟 S7）及化學去污裝置之取出（步驟 S8）係與實施例 1 相同，依順序實施。化學去污裝置 28 從 BWR 電廠化學去污對象物之淨化系統配管 21 取出後，再起動 BWR 電廠。

[0091] 本實施例可得到於實施例 1 所產生之各效果。進而，根據本實施例，可對不銹鋼製之再循環系統配管 4 及碳鋼製之淨化系統配管 21 一起進行化學去污，可縮短化學去污所要時間。對於使化學去污裝置 28A 之再循環系統配管 4 及淨化系統配管 21，分別進行化學去污的情況中，有必要進行對於淨化系統配管 21 之化學去污裝置 28 的連接及取出，及對於再循環系統配管 4 之化學去污裝置 28A 之連接及取出之個別作業，進而，有必要將步驟 S2 之循環水的溫度調節在個別化學去污裝置下進行。對於使用化學去污裝置 28A 之再循環系統配管 4 及淨化系統配管 21，於一起進行化學去污之本實施例，對於再循環系統配管 4 及淨化系統配管 21，分別進行化學去污的情況下，產生可將化學去污裝置 28 之連接及取出等之重複作業成為一個作業。因此，根據本實施例，可縮短化學去污所要時間。

[0092] 將化學去污裝置 28A 之循環配管 29 的一端部（開閉閥 51 側之端部），連接至淨化系統配管 21 所設置之閥 27，可將循環配管 29 之另一端部（開閉閥 48 側之端部）連接至再循環系統配管 4 所設置之閥 8。此情況

中，在步驟 S9（氧化去污），過錳酸鉀水溶液（氧化去污液）從循環配管 29 供給於淨化系統配管 21，從淨化系統配管 21 導向再循環系統配管 4，從再循環系統配管 4 排出至循環系配管 29。又，步驟 S5（還原去污）中，於 90℃ 包含 5200ppm 之丙二酸及 100ppm 的草酸之水溶液（還原去污液）亦從循環配管 29 供給於淨化系統配管 21，從淨化系統配管 21 導向再循環系統配管 4，從再循環系統配管 4 排出至循環系配管 29。即使改變氧化去污液及還原去污液的流動方向，分別進行對於再循環系統配管 4 之內面之氧化去污、及對於再循環系統配管 4 及淨化系統配管 21 之內面之還原去污。

[實施例 3]

[0093] 將適合在本發明之其他實施例之實施例 3 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，使用圖 13 及圖 14 說明。本實施例之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法係藉由交換或廢止措置從 BWR 電廠所取出之碳鋼構件，例如適用在碳鋼製之配管之例。

[0094] 將本實施例之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法所使用之化學去污裝置 28B，使用圖 13 說明。化學去污裝置 28B 係追加氧氣供給裝置 66 於實施例 1 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法所使用之還原去污裝置 28，還原去污裝置 28 中，具有形成包含將循環配管 29 之一端部連接至緩衝槽 31，進而，將循環配管 29 之另一端

部連接至緩衝槽 31 之循環配管 29 及緩衝槽 31 之閉環的構成。氧氣供給裝置 66 具有氧氣氣缸 67 及氧氣供給管 68。氧氣供給管 68 之一端部連接至氧氣氣缸 67，氧氣供給管 68 之另一端部插入緩衝槽 31 內。氧氣供給管 68 之另一端部中，形成噴射氧氣之多數噴射口（未圖示）。開閉閥 69 及減壓閥 70 設置在氧氣供給管 68。化學去污裝置 28B 之其他構成與化學去污裝置 28 相同。尚且，化學去污裝置 28B 已將一台循環泵 82 設置在循環配管 29，故未設置循環泵 83。

[0095] 將使用化學去污裝置 28B，本實施例之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法根據圖 13 所示之順序進行說明。於本實施例之化學去污方法，在實施例 1 之化學去污方法順序，取代步驟 S1 及 S8 之各步驟改進行步驟 S12 及 S14 之各步驟，進而，實施追加步驟 S13 步驟之順序。

於本實施例之化學去污方法所實施之步驟 S2～S4 及 S5～S7 之各步驟係與實施例 1 之化學去污方法所實施之該等步驟相同。

[0096] 將去污對象物收納至去污槽內（步驟 S12）。緩衝槽 31 具有去污槽的機能。為了與新碳鋼製之配管交換，從 BWR 電廠取出，去污對象物之碳鋼製之配管 84 藉由運搬設備 71 被搬送至緩衝槽 31 之位置，被收納至開放上端部之緩衝槽 31 內。從 BWR 電廠取出之配管 84 以外之碳鋼製配管及碳鋼製之機器係藉由運搬設備 71 收納至緩衝槽 31 內。複數之去污對象物收納至緩衝槽 31 內後，

覆蓋緩衝槽 31 並密封緩衝槽 31。

[0097] 循環水的溫度調節（步驟 S2）、丙二酸之注入（步驟 S3）及草酸之注入（步驟 S4）係與實施例 1 相同方式進行。藉由實施步驟 S3、S4 之各步驟，於 90℃ 包含 12300ppm 之丙二酸及 100ppm 的草酸之水溶液於緩衝槽 31 內生成。於本實施例，期待盡可能從收納至緩衝槽 31 內之配管 84 等之去污對象物去除放射性核種，如實施例 1 及 2 般，由於不需要考慮設置在 BWR 電廠之機器的損傷，對在步驟 S3 之丙二酸水溶液之循環配管 29 的注入中，於緩衝槽 31 內所生成之水溶液之丙二酸濃度期望為將此水溶液之 pH 定在 1.8 以下。因此，該丙二酸濃度例如以成為 12300ppm 的方式，從丙二酸注入裝置 32，丙二酸水溶液注入至循環配管 29。水溶液之丙二酸濃度成為 12300ppm 時，停止對丙二酸水溶液之循環配管 29 的注入。又，該水溶液的草酸濃度成為 100ppm 時，停止對循環配管 29 的草酸水溶液之注入。

[0098] 注入氧氣（步驟 S13）。藉由打開開閉閥 69，導致氧氣氣缸 67 內之氧氣通過氧氣供給管 68，從氧氣供給管 68 之存在於緩衝槽 31 內之端部所形成之複數噴射口，噴射至緩衝槽 31 內包含 90℃ 之 12300ppm 之丙二酸及 100ppm 的草酸之水溶液中。調節減壓閥 70 之開度，從氧氣供給管 68 之各噴射口所噴射之氧氣的壓力以成為從 0.1MPa 至 1.0MPa 的範圍的方式調節。於本實施例，氧氣之噴射壓成為例如 0.5MPa 的方式，調節減壓閥

70 之開度。所注入之氧氣被溶解於包含丙二酸及草酸之水溶液。

[0099] 還原去污（步驟 S5）中，於 90℃ 包含 12300ppm 之丙二酸、100ppm 的草酸及氧之水溶液於緩衝槽 31 內與配管 84 的表面接觸，進行配管 84 之還原去污。由於已驅動循環泵 82，緩衝槽 31 內之該水溶液從緩衝槽 31 排出至循環配管 29，環繞形成閉環之循環配管 29 內回到緩衝槽 31 內。

[0100] 已打開閥 53 及 54，藉由開度調節減低閥 49 之開度。從緩衝槽 31 排出至循環配管 29 之該水溶液之一部分被導向陽離子交換樹脂塔 42。於 90℃ 藉由包含 12300ppm 之丙二酸、100ppm 的草酸及氧之水溶液之配管 84 的還原去污，與實施例 1 相同，溶解配管 84 的表面所形成之鐵氧化物，溶解配管 84 之基底材料之碳鋼的一部分。與實施例 1 相同， Fe^{2+} 離子及放射性核種之陽離子溶出至緩衝槽 31 內之該水溶液中。包含在被導向陽離子交換樹脂塔 42 之水溶液之 Fe^{2+} 離子及放射性核種之陽離子係於陽離子交換樹脂塔 42 內被吸著至陽離子交換樹脂而去除。於 90℃ 包含 12300ppm 之丙二酸、100ppm 的草酸及氧之水溶液，一邊循環緩衝槽 31 及循環配管 29，一邊通過陽離子交換樹脂塔 42。藉由循環之該水溶液，進行緩衝槽 31 內之配管 84 之還原去污。藉由氧氣供給裝置 66 對緩衝槽 31 內之包含丙二酸及草酸之水溶液的氧氣之注入係於進行配管 84 之還原去污期間，繼續進行。

[0101] 根據從配置於緩衝槽 31 附近之放射線檢測器所輸出之放射線檢出信號所求得之配管 84 的劑量率成為設定劑量率（例如 0.1mSv/h ）以下時，或從開始還原去污後經過預定時間（例如從 6 小時至 12 小時）時，對配管 84 結束還原去污。

[0102] 還原去污結束後，還原去污劑之分解（步驟 S6）及淨化步驟（步驟 S7）係將該水溶液一邊循環緩衝槽 31 及循環配管 29，一邊與實施例 1 同樣進行。結束淨化步驟後，從去污槽內取出去污對象物（步驟 S14）。打開去污槽之緩衝槽 31 之蓋，使用運搬設備 71 從緩衝槽 31 內取出結束還原去污之配管 84。

[0103] 取出結束還原去污之配管 84 後，對於新化學去污對象物之還原去污，係藉由重複步驟 S12、S2～S4、S13、S5～S7 及 S14 來實施。

[0104] 本實施例可得到實施例 1 所產生之各效果。進而，本實施例亦可對於從核電廠所取出之碳鋼製之構件進行還原去污。

[0105] 尚且，本實施例中，緩衝槽 31 內之於 90°C 包含 12300ppm 之丙二酸及 100ppm 的草酸之水溶液中，未注入氧氣，將未注入氧氣之該水溶液，亦可一邊循環收納配管 84 之緩衝槽 31 及循環配管 29，一邊實施緩衝槽 31 內之配管 84 之還原去污。

[0106] 如廢止措置及 BWR 電廠之改造等般，有必要進行還原去污之碳鋼構件（例如配管 84）大量產生時，

對於各碳鋼構件之還原去污係使用化學去污裝置 28B，如以下般進行。步驟 S12 中，將配管 84 收納至緩衝槽 31 內，步驟 S2～S4, S13 及 S5 之各步驟係順序實施。結束步驟 S5 之還原去污步驟時，實施去污對象物之取出（步驟 S14）。結束還原去污之複數配管 84，藉由運搬設備 71 從緩衝槽 31 取出，被搬送至與化學去污裝置 28B 經不同設置之洗淨裝置 72（參照圖 15）。此等之配管 84 藉由洗淨裝置 72 洗淨。

[0107] 將洗淨裝置 72 之構成使用圖 15 說明於以下。洗淨裝置 72 具有洗淨槽 73、循環泵 74 及混床樹脂塔 75。循環配管 76 之一端部被連接至洗淨槽 73，循環配管 76 之另一端部亦被連接至洗淨槽 73。藉由洗淨槽 73 及循環配管 76 形成閉環。循環泵 74 及混床樹脂塔 75 設置於循環配管 76。混床樹脂塔 75 係填充陽離子交換樹脂及陰離子交換樹脂於內部。

[0108] 藉由從緩衝槽 31 所取出之運搬設備 71 所搬送之配管 84，蓋從上端取出收納至填充洗淨水之洗淨槽 73 內。經還原去污之複數配管 84 收納至洗淨槽 73 內後，洗淨槽 73 之上端附上蓋，並密封洗淨槽 73。驅動循環泵 74，洗淨槽 73 內之洗淨水係通過循環配管 76 及混床樹脂塔 75 而循環。洗淨槽 73 內之配管 84 係藉由循環之洗淨水來洗淨。配管 84 所附著之放射性核種係從配管 84 移行至洗淨水，吸著至混床樹脂塔 75 內之離子交換樹脂而去除。洗淨槽 73 內之配管 84 之劑量率成為設定劑量

率（例如 0.1mSv/h）以下時，對於洗淨槽 73 內之配管 84 結束洗淨。經洗淨而成為設定劑量率以下之配管 84 從洗淨裝置 73 取出。

[0109] 於取出經還原去污之配管 84 之化學去污裝置 28B 之緩衝槽 31 內收納新經還原去污之複數配管 84（步驟 S12）。實施使用化學去污裝置 28B 之步驟 S12、S2～S4、S13 及 S5 之各步驟，對於緩衝槽 31 內之該等配管 84 實施還原去污。結束步驟 S5 之還原去污後，如前述般，從緩衝槽 31 取出實施還原去污之複數配管 84。此等之配管 84 係藉由洗淨裝置 72 洗淨。於緩衝槽 31 內，收納應還原去污之新複數配管 84，對於此等之配管 84，如前述般實施還原去污。於緩衝槽 31 內之還原去污係持續進行至還原去污之對象配管 84 消失為止。存在於緩衝槽 31 及循環配管 29 內之包含 12300ppm 之丙二酸及 100ppm 的草酸之水溶液（還原去污液），於緩衝槽 31 內對於新配管 84 進行還原去污時，再使用。於緩衝槽 31 內對於最後之複數配管 84 結束還原去污（步驟 S5）後，收納該等配管 84 於緩衝槽 31 內，直接依順序實施還原去污劑之分解（步驟 S6）及淨化步驟（步驟 S7），進而，實施去污對象物之取出（步驟 S14）。

[0110] 由於將從緩衝槽 31 所取出之經還原去污之配管 84 的洗淨使用洗淨裝置 72 進行，大量有進行還原去污之去污對象物時，結束於緩衝槽 31 內之還原去污時，無必要進行還原去污劑之分解（步驟 S6）及淨化步驟（步

驟 S7)，可效率地進行洗淨對象物之還原去污。因此，可縮短在大量有進行還原去污之去污對象物時，還原去污所要時間。又，由於將還原去污液所包含之丙二酸及草酸結束還原去污時，並未分解，故可再利用包含丙二酸及草酸之還原去污液。

[0111] 可將還原去污裝置 28B 所使用之氧氣供給裝置 66 取代成圖 16 所示之氧氣供給裝置 66A。氧氣供給裝置 66A 係將循環泵 79 及微泡產生裝置 78 設置連接一端部之配管 80 於緩衝槽 31 之底部。閥 81 亦設置於配管 80。配管 80 之另一端部係插入緩衝槽 31 內。

[0112] 打開閥 81 驅動循環泵 79。於緩衝槽 31 內之 90℃ 包含 12300ppm 之丙二酸及 100ppm 的草酸之水溶液，係通過配管 80 供給於微泡產生裝置 78。微泡產生裝置 78 係供給微米級含氧氣體（例如空氣）於該水溶液。包含微米級之含氧氣體（微泡）之該水溶液，通過配管 80 注入緩衝槽 31 內之水溶液。因此，於 90℃ 包含 12300ppm 之丙二酸、100ppm 的草酸及微米級之含氧氣體之水溶液，係於緩衝槽 31 內與配管 84 接觸。微米級之含氧氣體由於相對於氣泡體積，接液面積增大，微米級之含氧氣體所包含之氧易溶解於緩衝槽 31 內之上述水溶液。因此，以少量含氧氣體之量可提昇還原去污之效果。

[0113] 氧氣供給裝置 66 或 66A 可適用在化學去污裝置 28 及 28A。因此，即可在實施例 1 及 2 中，亦可對於使用包含丙二酸、草酸及氧之水溶液之淨化系統配管 21

及再循環系統配管 4，實施還原去污。分別於實施例 1～3 中，於緩衝槽 31 內，由於注入氧氣或微米級之含氧氣體於還原去污液之個別水，於循環配管 29 內與注入氧氣或微米級之含氧氣體的情況相比較，係容易進行對氧之水溶液的溶解。

【符號說明】

[0114]

- 2：核子反應爐壓力容器
- 4：再循環系統配管
- 5：再循環泵
- 10：渦輪
- 13：供水配管
- 21：淨化系統配管
- 25：爐水淨化裝置
- 28、28A、28B：化學去污裝置
- 31：緩衝槽
- 32：丙二酸注入裝置
- 33、38、46、63：藥液槽
- 34、39、64：注入泵
- 37：草酸注入裝置
- 42：陽離子交換樹脂塔
- 43、75：混床樹脂塔
- 45：氧化劑供給裝置

62：氧化去污液注入裝置

66、66A：氧氣供給裝置

78：微泡產生裝置

申請專利範圍

1. 一種核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，其特徵為使包含丙二酸及 50ppm~400ppm 範圍內之草酸之還原去污液與核電廠之碳鋼構件的表面接觸，並由前述還原去污液進行前述碳鋼構件之前述表面的還原去污。

2. 如請求項 1 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，其中，將藉由前述還原去污從前述碳鋼構件溶出於前述還原去污液之陽離子從前述還原去污液去除。

3. 如請求項 1 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，其中，注入氧氣於包含前述丙二酸及 50ppm~400ppm 範圍內之前述草酸之前述還原去污液，前述碳鋼構件之前述表面的還原去污係使用包含前述丙二酸及 50ppm~400ppm 範圍內之前述草酸，並注入前述氧氣之前述還原去污液來進行。

4. 如請求項 3 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，其中，前述氧氣係於微泡產生裝置所產生之微泡。

5. 如請求項 1 或 3 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，其中，前述還原去污液之丙二酸濃度為 2100ppm~19000ppm 的範圍內。

6. 如請求項 5 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，其中，前述丙二酸濃度為 2100ppm~7800ppm 的範圍內。

7. 如請求項 1 或 2 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，其中，將從前述核電廠所移除之前述碳鋼構件收納

至去污容器內，並供給前述還原去污溶液於前述去污容器內，前述碳鋼構件之前述表面的還原去污係於前述去污容器內，藉由使前述還原去污液與前述碳鋼構件接觸來進行。

8. 如請求項 7 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，其中，前述還原去污液之前述丙二酸的濃度為 12300ppm~19000ppm 的範圍內。

9. 一種核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，其特徵為連接第 2 配管於核電廠之碳鋼製之第 1 配管，將包含丙二酸及 50ppm~400ppm 範圍內之草酸之還原去污液，通過前述第 2 配管供給於前述第 1 配管，使前述還原去污液與前述第 1 配管之內面接觸來進行該內面之還原去污。

10. 如請求項 9 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，其中，將藉由前述還原去污從前述第 1 配管溶出於前述還原去污液之陽離子，從前述還原去污液去除。

11. 如請求項 9 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，其係前述第 2 配管之一端部係連接於前述第 1 配管，前述第 2 配管之另一端部係連接於連接至前述第 1 配管之不銹鋼製之第 3 配管，而形成包含前述第 1 配管、前述第 2 配管及前述第 3 配管之閉環，其中，

從前述第 2 配管所連接之氧化去污液注入裝置，將經注入之氧化去污液藉由第 2 配管供給於前述第 3 配管，

藉由前述氧化去污液，進行前述第 3 配管之內面的氧化去污，

與前述第 1 配管之內面的還原去污一起，藉由通過前述第 2 配管供給於第 3 配管之前述還原去污劑，進行前述第 3 配管之內面的還原去污。

12. 如請求項 11 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，其中，前述還原去污液係藉由從前述第 2 配管所連接之丙二酸注入裝置注入於前述第 2 配管之丙二酸、及從前述第 2 配管所連接之草酸注入裝置注入於前述第 2 配管之草酸而生成。

13. 一種核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，其特徵為注入氧氣於包含丙二酸及草酸之還原去污液，並使包含前述丙二酸及前述草酸，且注入前述氧氣之前述還原去污液，與核電廠之碳鋼構件的表面接觸，藉由前述還原去污液進行前述碳鋼構件之表面之還原去污。

14. 如請求項 13 之核電廠之碳鋼構件之化學去污方法，其係將從前述核電廠所移除之前述碳鋼構件收納至去污容器內，並供給包含前述丙二酸及前述草酸之前述還原去污溶液於前述去污容器內，於前述去污容器內注入前述氧氣至此還原去污液，前述碳鋼構件之前述表面之還原去污係藉由使包含在前述去污容器內之前述丙二酸及前述草酸，且注入前述氧氣之前述還原去污液與前述碳鋼構件接觸來進行。

圖式

圖 1

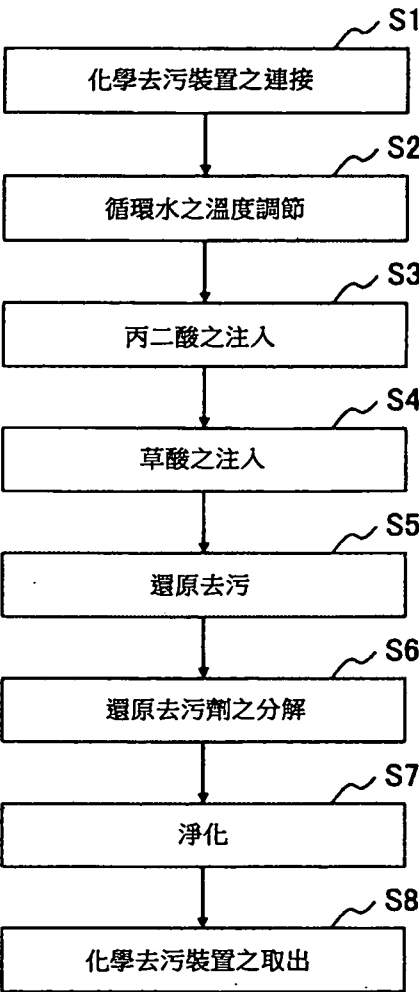


圖 2

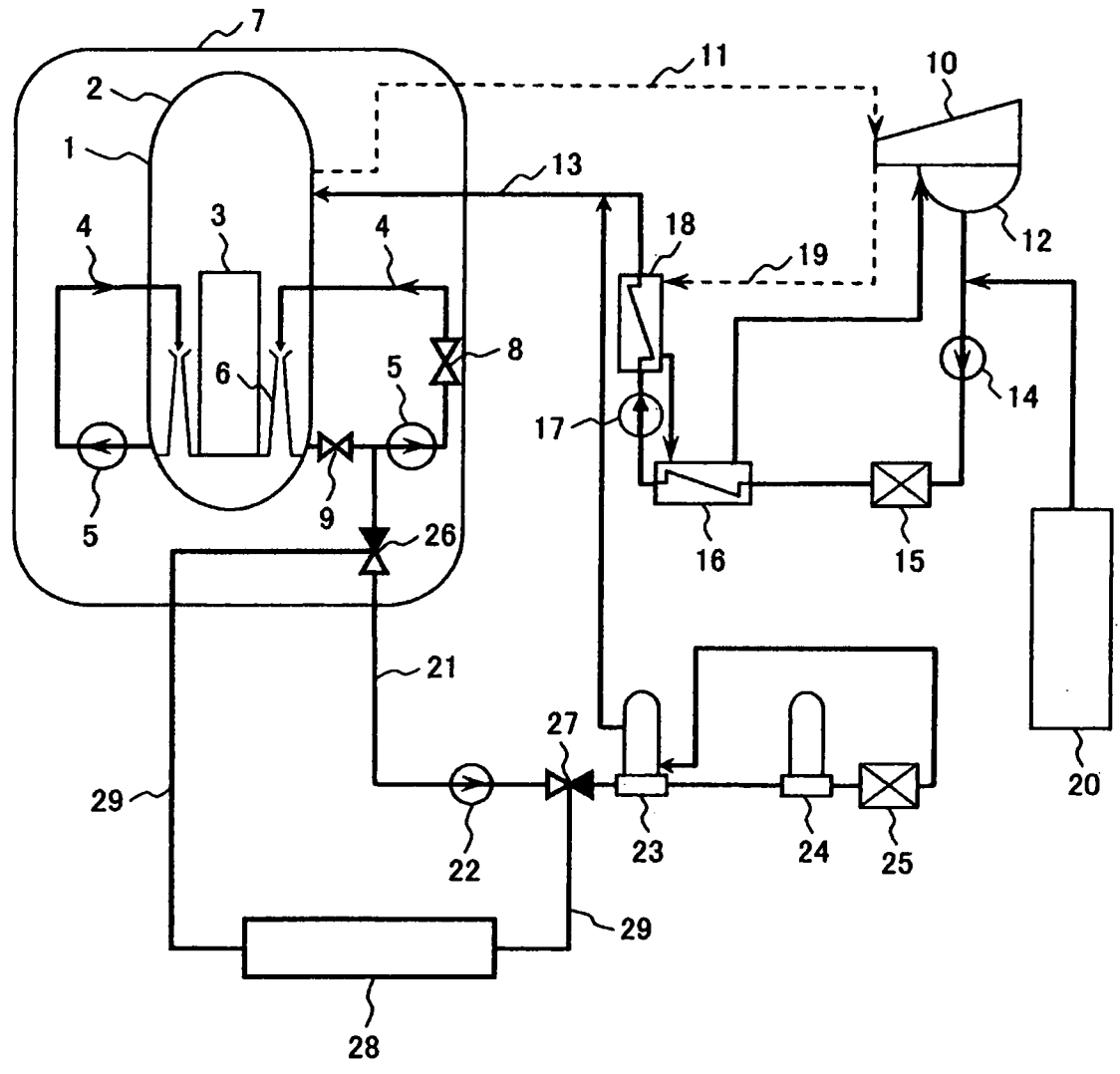


圖 3

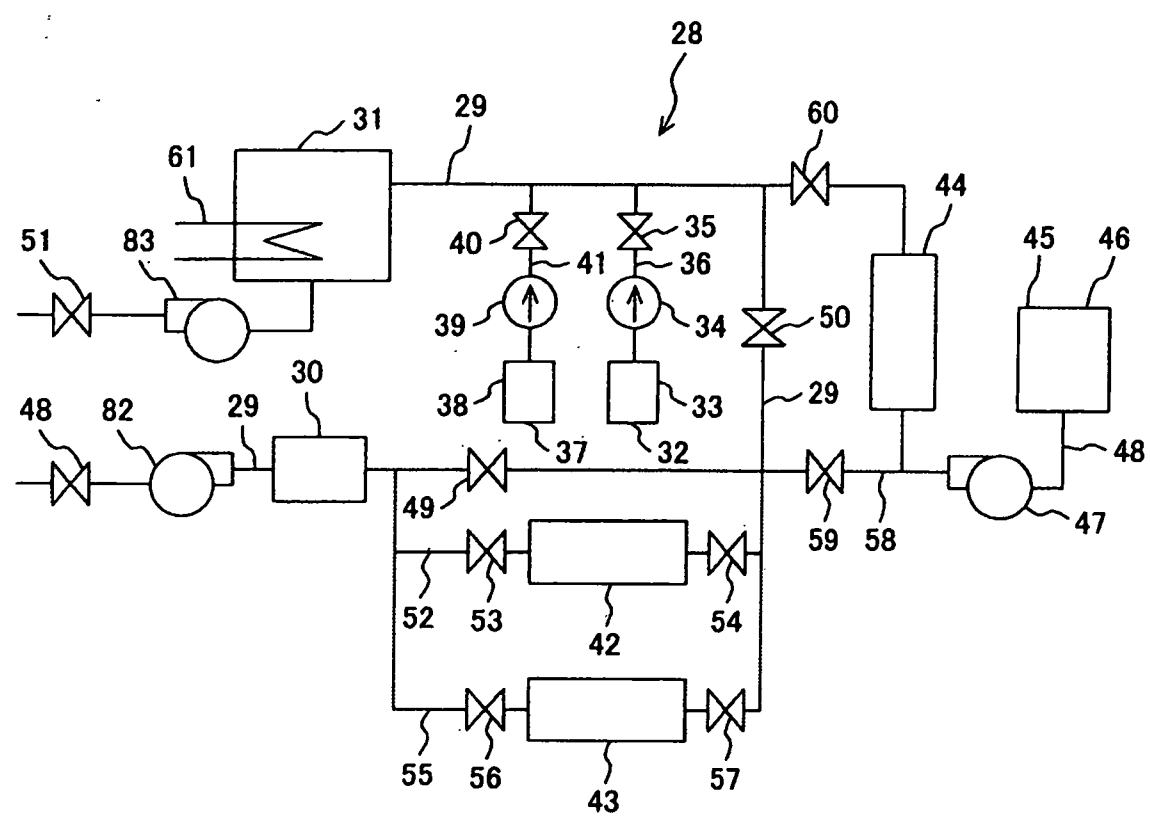


圖 4

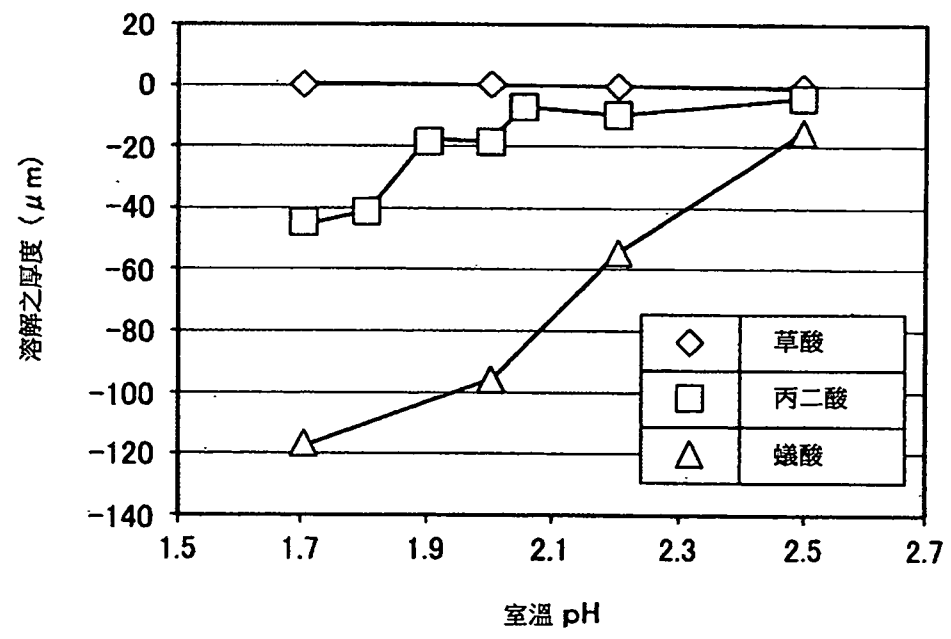


圖 5

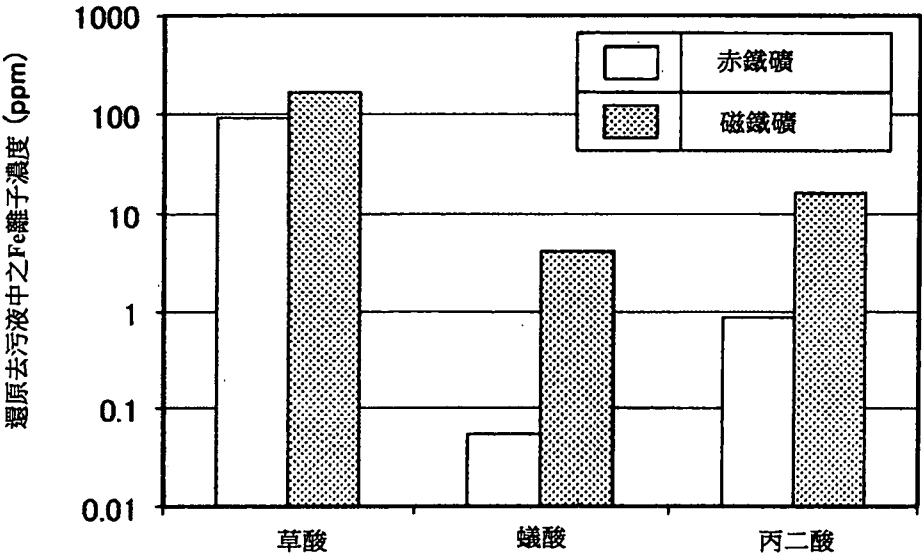


圖 6

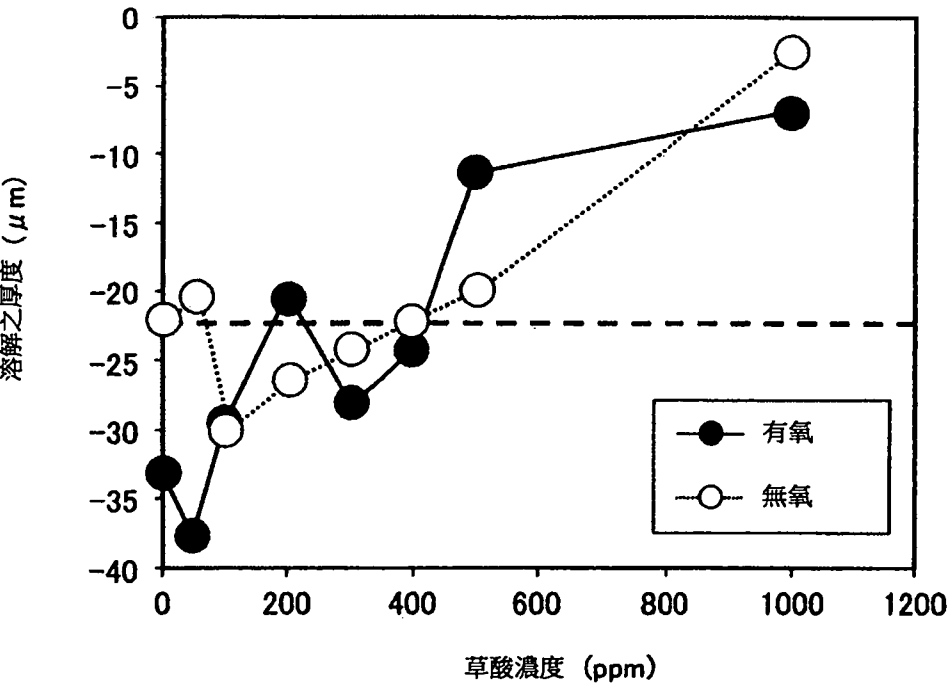


圖 7

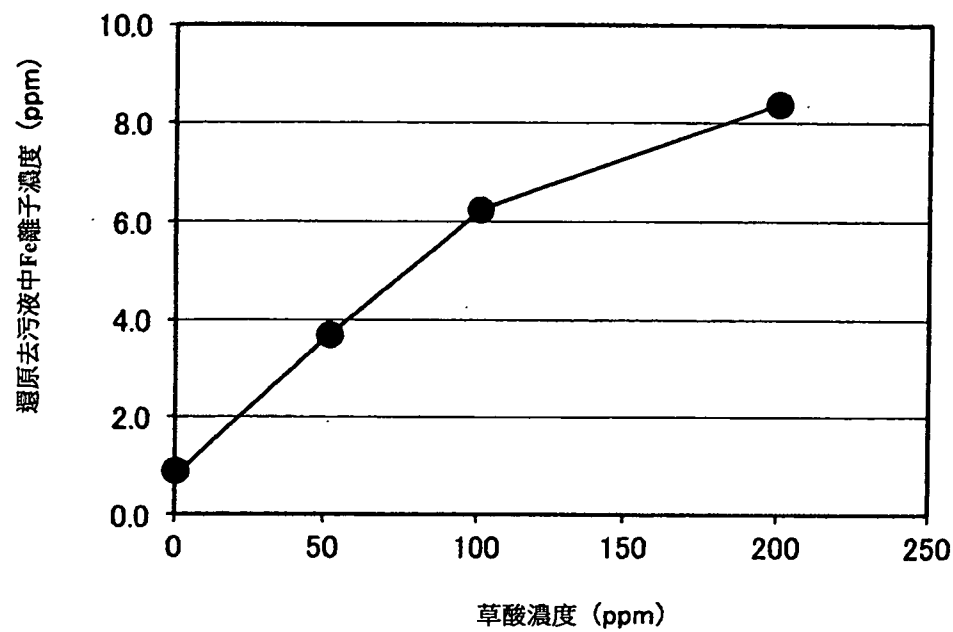


圖 8

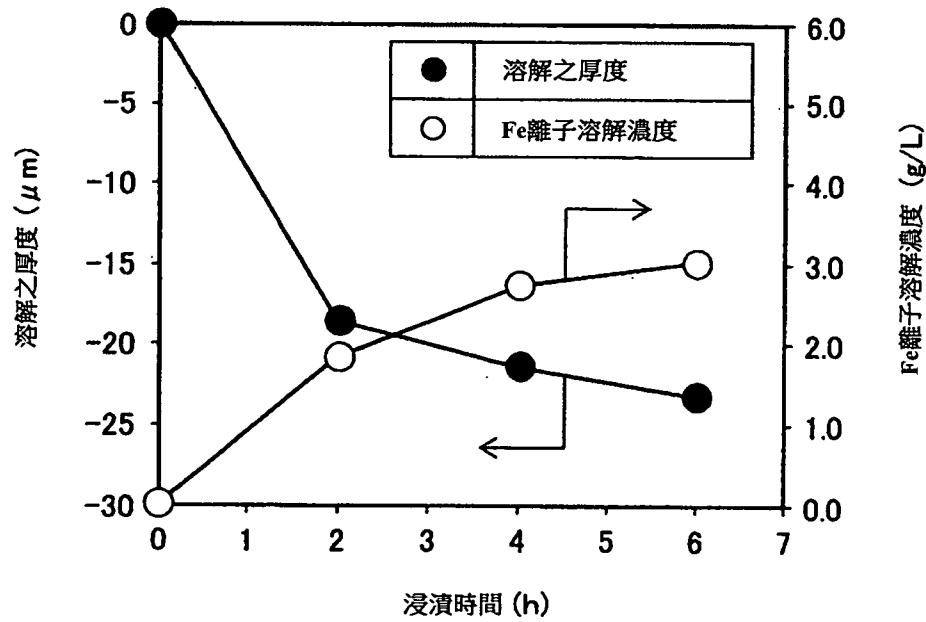


圖 9

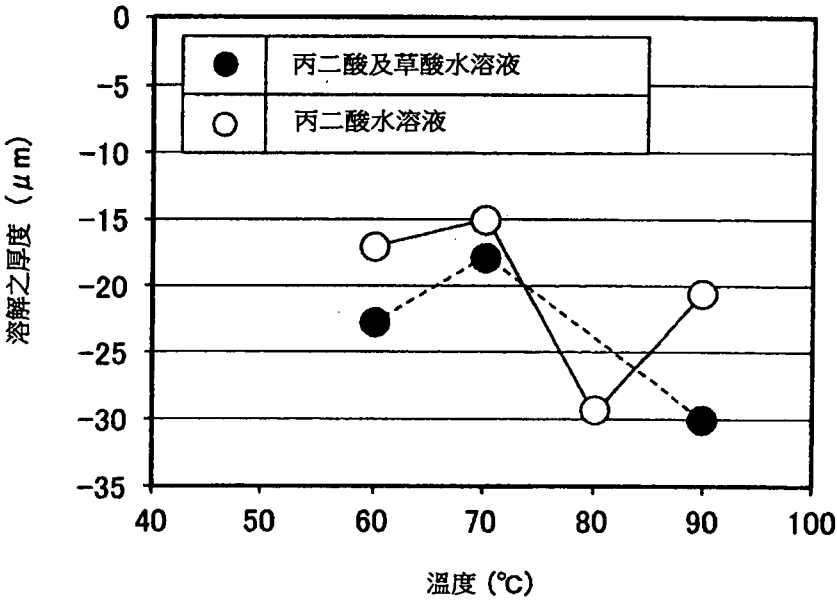


圖 10

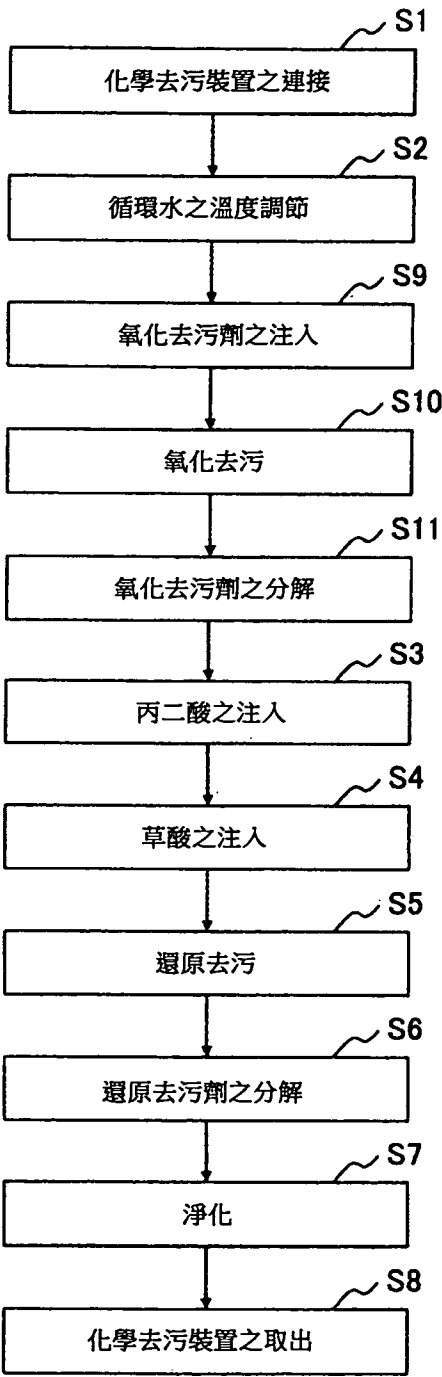


圖 11

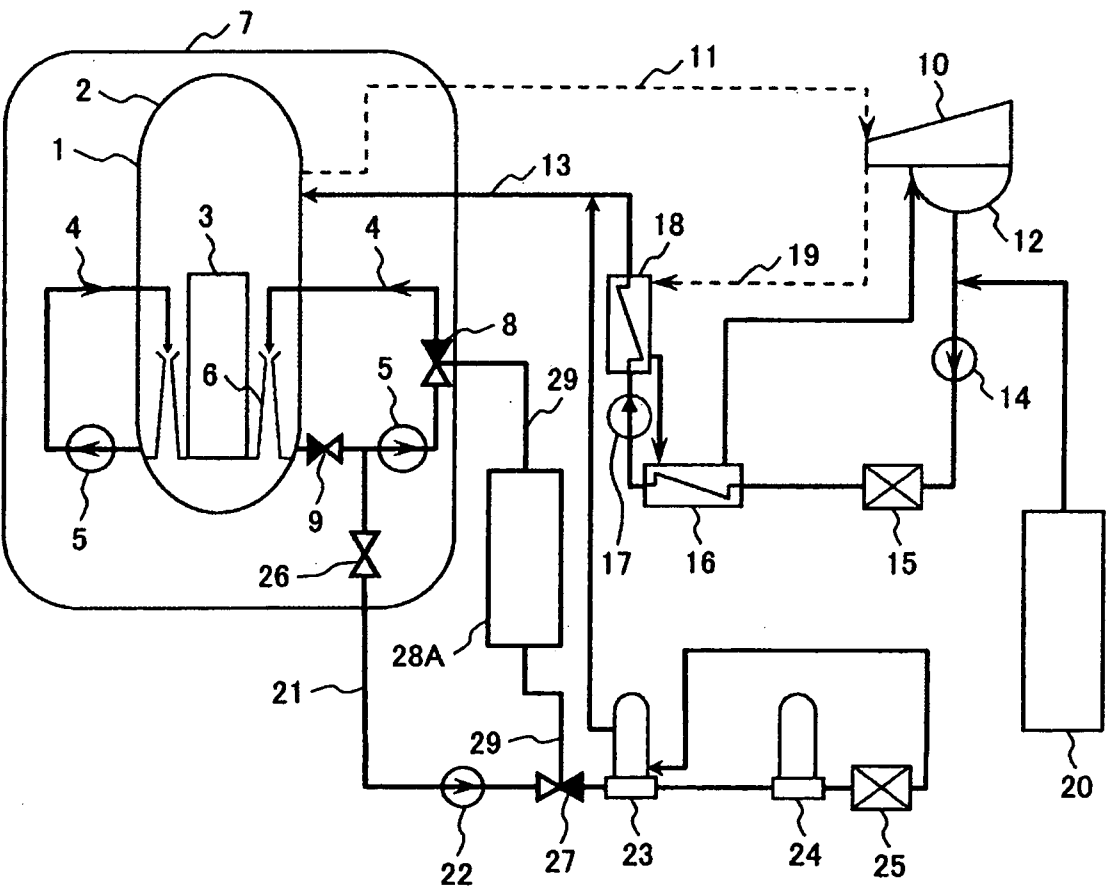


圖 12

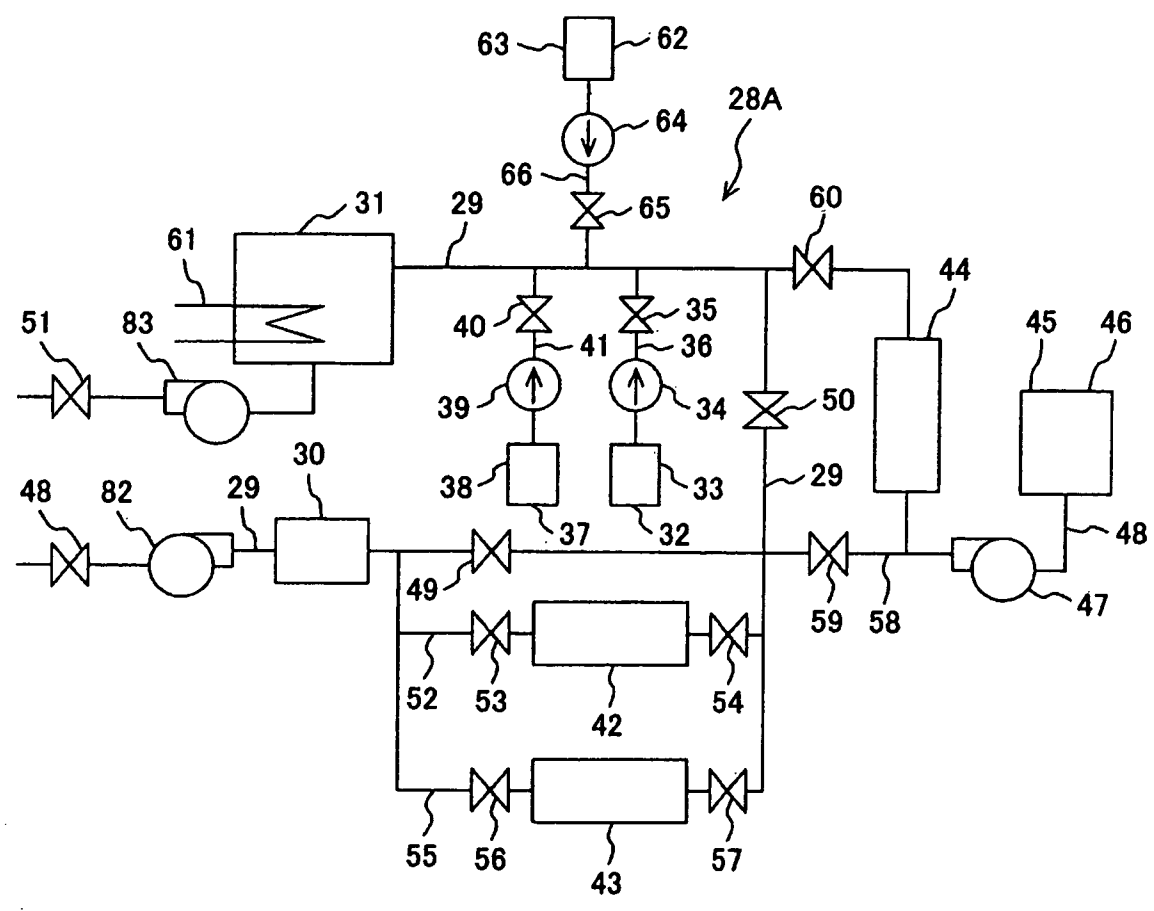


圖 13

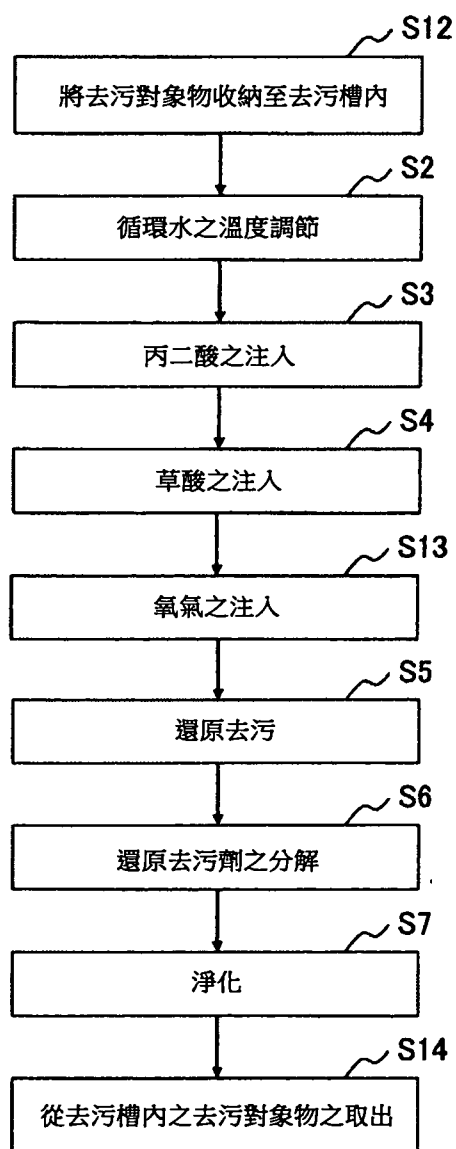


圖 14

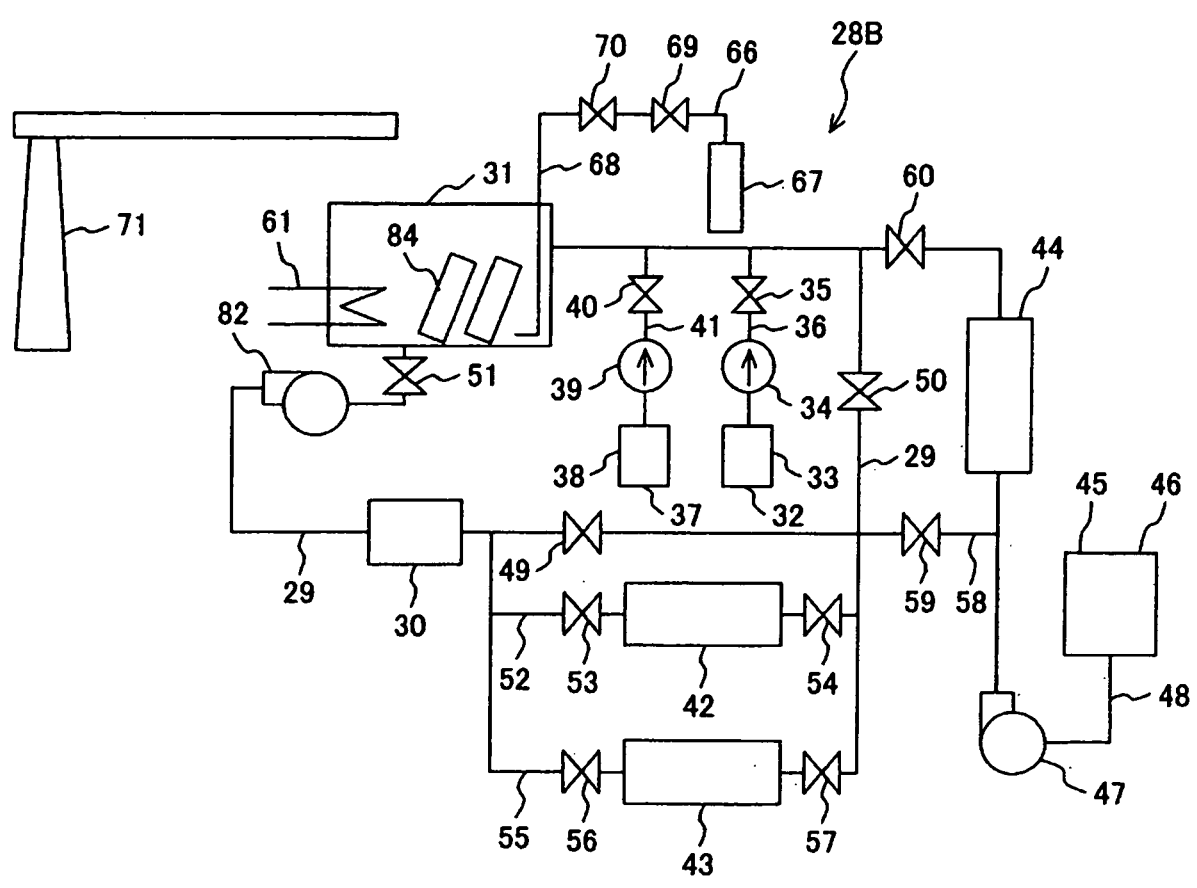


圖 15

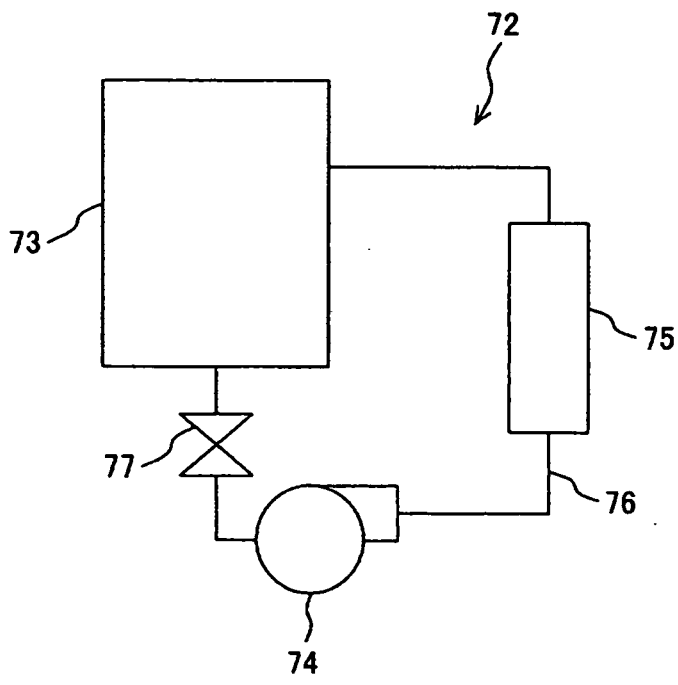


圖 16

