
千葉製鉄所西工場の水処理システム

New Water Treatment System at Chiba Works

高雄 弘(Hiroshi Takao) 石井 雅美(Masami Ishii)

要旨：

西工場の水処理設備新設にあたり、諸種の新機軸を導入した。たとえば、海水の深層取水方式によりゴミやくらげの少ない低温水が得られる。海水の電解により得られる NaClO は、海水滅菌剤としてスライムトラブル防止に有効である。高炉ガス洗浄用循環水の pH を高めて亜鉛イオンを除去するための曝気方式は、薬剤不要で運転費が少なくてすむ。設計に先立って工業用水の循環使用を想定し、濃縮による水質変化を調査して循環水の許容濃縮度、スケール析出防止剤の注入条件、循環水中懸濁粒子の部分濾過条件、NaClO の注入条件などに関する検討を行った。

Synopsis：

Some new methods have been adopted in the water treatment system at West Plant of Chiba Works. For examples, seawater suction at the depth of 5m assures low temperature of water practically free from rubbish and jellyfish. The solution of NaClO generated by the electrolyzing of seawater serves as an effective disinfectant in avoiding slime troubles. Aeration of water eliminates zinc ions in the recirculated water for BF gas washing, saving the need for costly alkaline agents. In consideration of a planned recirculation of industrial water, a condensation test has been performed to determine the conditions for such practical measures as the setting up of upper limit of condensation degree, the use of scale inhibitor, a partial filtration of solid suspended water, and the addition of NaClO, etc.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

千葉製鉄所西工場の水処理システム

New Water Treatment System at Chiba Works

高 雄 弘*

Hiroshi Takao

石 井 雅 美**

Masami Ishii

Synopsis:

Some new methods have been adopted in the water treatment system at West Plant of Chiba Works. For examples, seawater suction at the depth of 5m assures low temperature of water practically free from rubbish and jellyfish. The solution of NaClO generated by the electrolyzing of seawater serves as an effective disinfectant in avoiding slime troubles. Aeration of water eliminates zinc ions in the recirculated water for BF gas washing, saving the need for costly alkaline agents.

In consideration of a planned recirculation of industrial water, a condensation test has been performed to determine the conditions for such practical measures as the setting up of upper limit of condensation degree, the use of scale inhibitor, a partial filtration of solid suspended water, and the addition of NaClO, etc.

1. はじめに

鉄鋼業における鋼の生産費の約2%は水処理費であり、節水、コストの両面から用水の合理的管理がきわめて重要となる。本報では、西工場の水部門に関し、各水処理設備ごとのフローをもとに新設備の概要を紹介する。さらに循環水の循環率を上げた場合の水質を予測するため、循環水の源水である工業用水を実験室で濃縮して水質変化を調べたのであわせて報告する。

2・1 用水フロー

淡水・海水のフローはFig. 1のとおりで、淡水源は印旛沼工業用水道（工水）でまかなわれている。この工水は、直接冷却用、洗浄用などの環水設備への直接補給水と、間接冷却用環水設備のうち高温部冷却水および良質の水を要求される循環水への補給用として砂濾過および塩素滅菌した浄水の2系統に分かれる。用水補給には、グレードの高い循環水を低い循環水に補給するカスケード方式も採用している。循環水系から発生する余剰水（ブローダウン水）は、原料ヤードの発塵防止

2. 西工場用水処理設備概要

* 千葉製鉄所土建部水道課課長
〔昭和53年6月6日原稿受付〕

** 千葉製鉄所土建部水道課

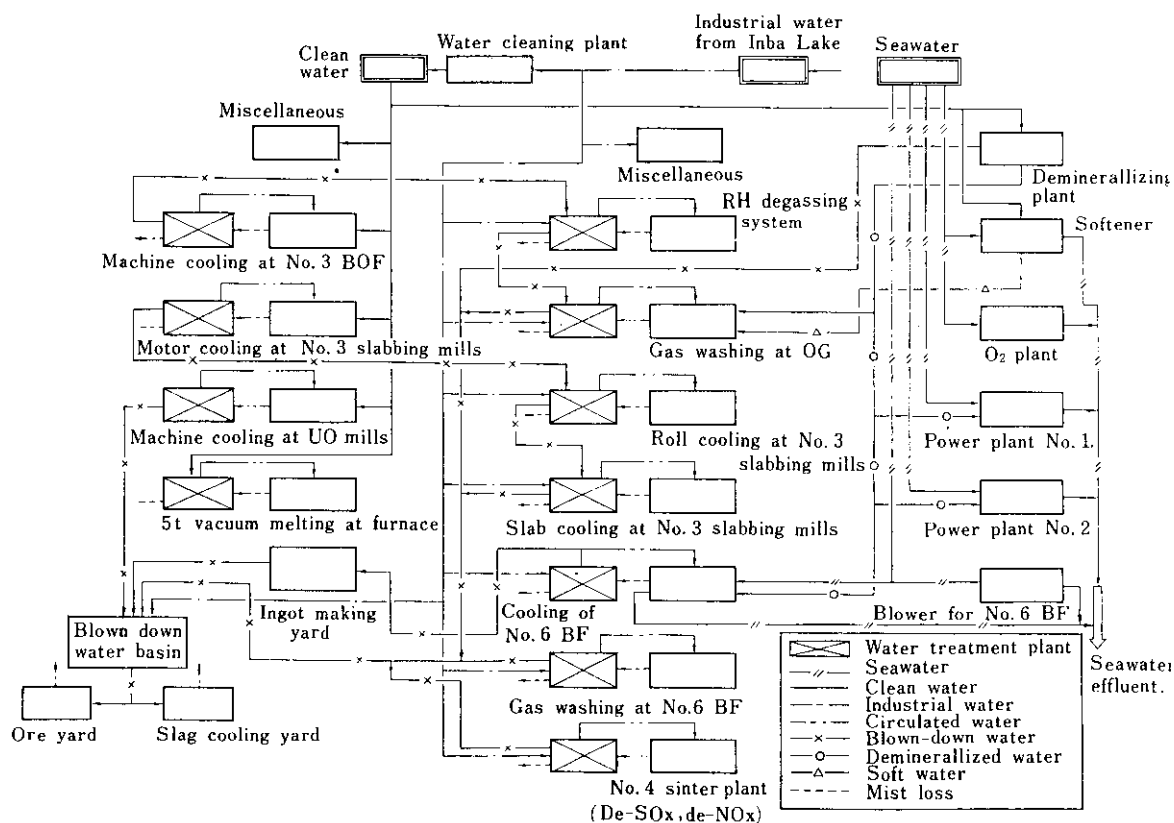


Fig. 1 General water flow at West Plant

用散水や、高炉、転炉スラグの冷却用水として使用されている。

2・2 海水取水設備

海水の大口使用先は発電所の復水器冷却、酸素工場の酸素分離器ガス冷却およびコンプレッサー冷却用で、高炉では高温部冷却に純水を循環使用し、その純水の冷却には熱交換器を介して海水を使用している。ここでは海水の取水方式、および海水を電気分解することにより発生する次亜塩素酸ソーダの注入による海水滅菌について説明する。

2・2・1 海水の取水方式

千葉製鉄所周辺海域は比較的浅く、海水温度は冬期と夏期で4℃から27℃まで変化することが実測された。安全をみて最高水温29℃を前提に使用水量を算出し、これをもとにFig. 2のように取水断面を決定した。この方式は、従来の暗渠取水方式に比し次の効果が望める。

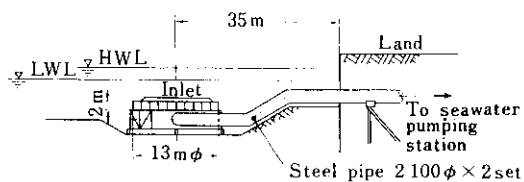


Fig. 2 Profile of seawater intake facility

- (1) 水面下5mの深層取水方式のため、低温の海水が得られる。しかもゴミやクラゲの流入が少ない。
- (2) 取水先端が岸壁より35m沖合にあり、波の影響が少ない。
- (3) 鋼製構築物なので、在来方式のコンクリート構築物より建設費が安い。

2・2・2 海水の滅菌

海水取水および給水設備の海水接触部は、海棲生物の付着により障害が発生しやすい。これをもって防止するために、海水取水先端部に滅菌剤

の注入が行われている。当社では、海水直接電解装置で発生する次亜塩素酸ソーダ液を滅菌剤として取水先端部で1.5ppmになるよう注入している。電解槽の出力電流値と次亜塩素酸ソーダ発生量の関係をFig. 3に示す。この状態で取水された海水中には給水ポンプサクション側で残留塩素が0.1~0.2ppm含まれ、さらに各工場で使用済みとなった海水中では、滅菌作用をもつ遊離残留塩素は放流口地点で無検出となり、次亜塩素酸ソーダによる海域への影響はない。

2・3 高炉用水処理設備

この設備は、炉体間接冷却用の循環水設備と高炉ガス洗浄用水設備とからなる。間接冷却用水には工水を補給し、腐食・析出防止剤の使用により循環回数を増している。水質は濃縮度2倍、腐食進行速度(MDD値) $10\text{mg}\cdot\text{dm}^2/\text{day}$ 以下に管理している。一方、ガス洗浄用水の処理には曝気方式を採用している。この方法は、戻水中に溶解している亜鉛を苛性ソーダにより水酸化亜鉛として析出沈澱させる方法とは異なり、空気を吹込んで戻水のpHを上げ水酸化亜鉛を沈澱させるものであり、pH上昇用の薬品が不要で運転費が安くなる。高炉用水処理の系統をFig. 4に示す。高炉ガス洗浄用循環水の戻水(曝気槽入口)と給水(冷却塔下部水槽)のpH変化の実績をFig. 5に示す。

2・4 製鋼用水処理設備

各水処理の系統をFig. 6~8に示す。当所西工場では、純酸素底吹転炉のガス回収にOG方式(Oxygen converter Gas recovery system)を採用している。用水としては、転炉機器冷却、OG機器冷却、RH脱ガス機器冷却などの間接冷却系と、OGガス洗浄水、RHコンデンサー冷却水などの直接冷却系とがあり、間接冷却水のうち一般機器冷却水には低圧水を、高熱機器冷却には高圧水を供給し、補給水としては浄水を使用している。この戻水を冷却する冷却塔で混入してくる懸濁物質の除去に全体給水量の20%を濾過する部分濾過法を採用し、さらに循環水の濃縮運転を考慮して腐食・析出防止剤とスライム発生防止の次亜鉛素酸ソーダを注入している。OGガス洗浄水処理設備には、粗粒分離器、シックナーおよび傾斜板沈

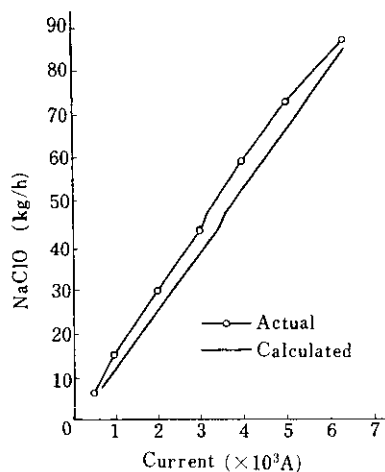


Fig. 3 Relation between electric current and NaClO production rate

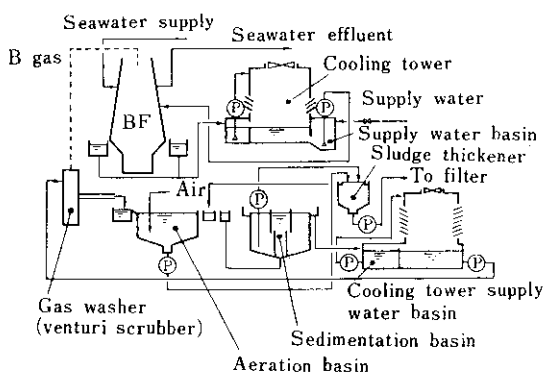


Fig. 4 Water circulation diagram at blast furnace

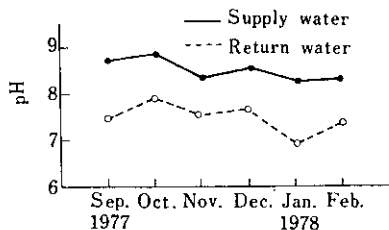


Fig. 5 Monthly change of pH value in return water (inlet of aeration pit) and supply water

澱池があり、シックナー入口に高分子凝集剤を用いている。さらに、この循環水のpH変化に対応する酸・アルカリ剤の注入設備があるが、実際には

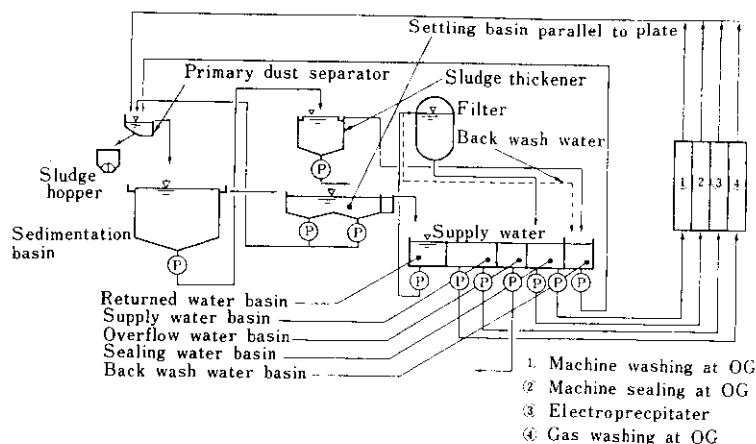


Fig. 6 Water circulation diagram at OG system

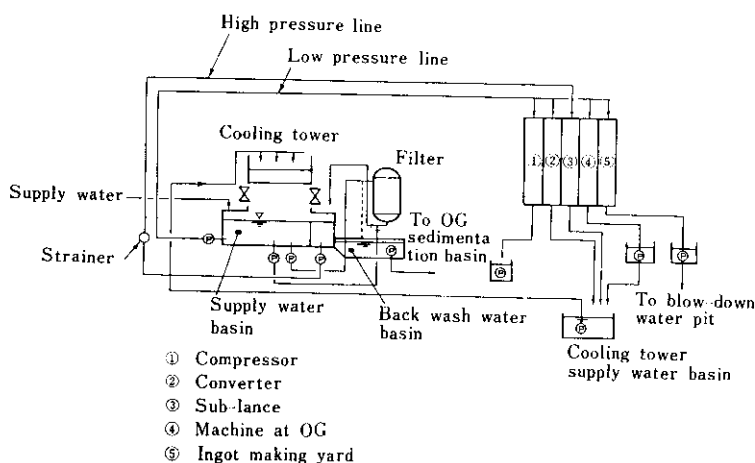


Fig. 7 Water circulation diagram at basic oxygen furnace

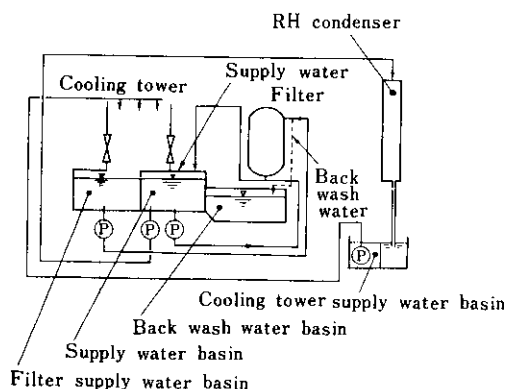


Fig. 8 Water circulation diagram at RH degassing

使用しないですんでいる。また冷却塔は設けていないが、循環水は実績水温 $45^{\circ}\sim 55^{\circ}\text{C}$ で安定し問題ない。一方、RH装置コンデンサー冷却水処理設備の場合、戻水にガス中の不純物が混入する。この除去には不純物の粒径が小さく沈降速度が遅いため濾過器を採用した。このRH用冷却水は温度管理が最も重要であり、懸濁物質はさほど問題にならないので循環水量の50%のみを濾過する部分濾過とし、材材にアンスラサイトを使用した。

2・5 分塊用水処理設備

設備の系統を Fig. 9 に示す。この設備は、圧延用ロール冷却、スラブ冷却などの直接冷却系と、モーター冷却およびクーラー用などの間接冷却系とからなる。補給水としては、直接冷却系には工業水を、間接冷却系には良質の水が要求されるため、浄水を用いたうえ循環中の濃縮や大気冷却塔で吸収される大気中の粉塵によるSS(Suspended Solids)増加の対策として、全循環量の20%を濾過する部分濾過を行っている。直接冷却系環水はスケールピットで粗粒を除き、横流式凝集沈澱池で微粒を除いた後、冷却塔で温度を調節して工場に供給する。スラブ冷却水は工場内にある粗粒分離槽を経て冷却塔で温度を下げ、循環使用する。分塊用水処理系統では、このスラブ冷却水が最も悪い水質で循環されている。

2・6 スラリー輸送設備

千葉製鉄所では、高炉ガス洗浄設備、転炉OG設備、第3焼結工場などより発生するすべてのダストを回収し、環元粒鉄工場へスラリー輸送し、脱水処理後原料として再利用している。Fig. 10 にそのフローを示す。西工場の高炉および転炉OGからのダストは2.9km離れた本工場の中継点へスラリー輸送し、本工場各設備から発生したスラリーと混合した後4.9kmのパイプラインを通して環元粒鉄工場へ送る。脱水処理には英国製チューブプレス方式を採用し、高炉原料用の含水率の低い良

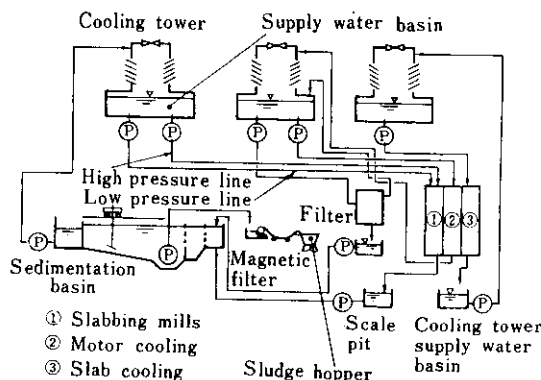


Fig. 9 Water circulation diagram at slabbing mills

質なケーキを生産している。

2・7 集中制御システム

西工場の水処理設備は、各生産工場10箇所にポンプ所を付属させたポンプ所分散形であるが、運転管理には集中制御方式を取り入れた。中央制御盤にはメインポンプの故障警報が表示され、急を要さない故障は現場の盤面単位で一括表示される。計装設備には運転管理用計器と水質管理用計器とがあり、常時計測により運転の指針として活用している。運転管理用計器には給水圧力計、流量計、温度計、水位計が、また水質管理用計器にはpH計、濁度計、電気伝導度計がある。特に電気伝導度計は、各循環水設備の強制ブローダウン水放出の必

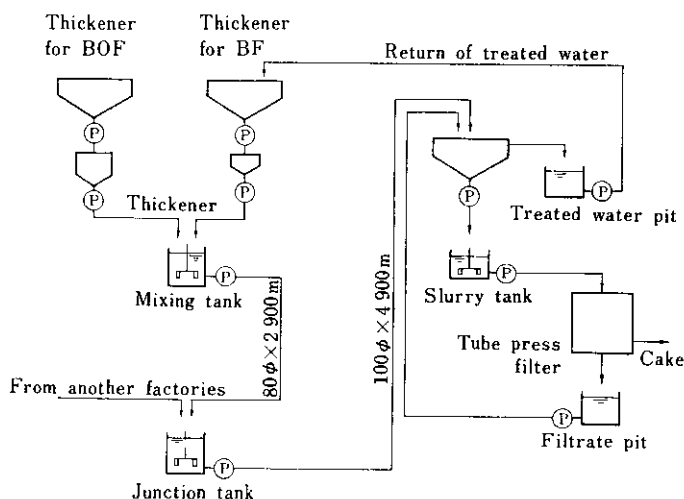


Fig. 10 Diagram of slurry transportation system

要時期および量を決定するために重要である。

Fig.11に集中制御系統および**Fig.12**に中央操作盤盤面を紹介する。運転条件、特にインターロックを単純化したこと、サクシオン押込みが可能な場合ポンプはなるべく横型を採用したこと、制御方式としてトラブルの少ないトランジスター（IC）サイクリック方式を採用したことなどの配慮により、集中制御は円滑に行われている。

3. 工水の濃縮試験

水の循環使用回数が増すと蒸発量に比例して溶

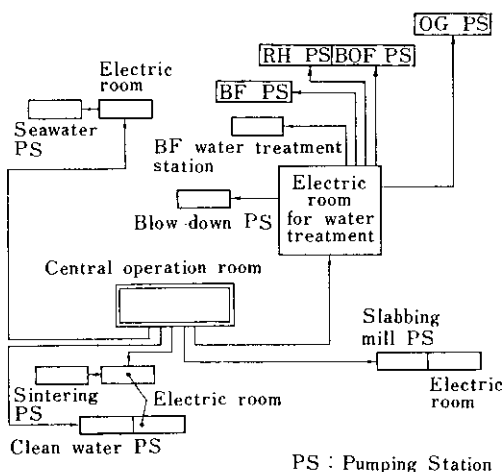


Fig.11 Flow diagram of tele-control system for water circulation equipment

存物質の濃度が上昇し、腐食の進行や缶石による障害の原因となるので、事前に循環水の濃縮度と水質の関係を把握し、計画的に処置しなければならない。西工場の水処理設備を計画するにあたり、循環水の原水である工水を実験室で濃縮して水質変化試験を行った。

3.1 試験方法

Fig.13に示す試験装置の50°～60°Cに保たれた

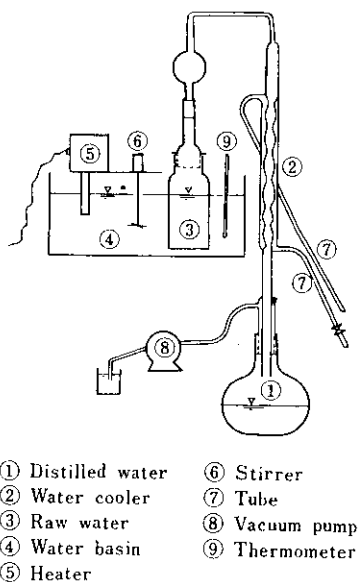


Fig.13 Schema of vacuum distillation test plant

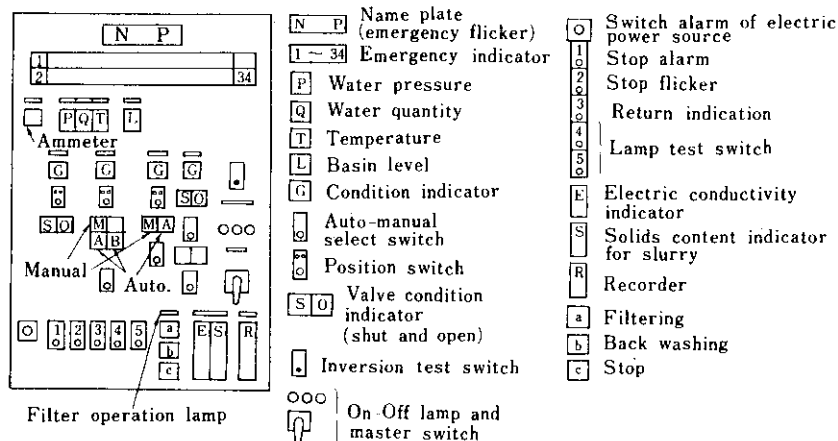


Fig.12 Plane of central operation desk

ウォーターバス内のフラスコに工水 30 l を入れ、濃度別に予定された目盛に達するまで減圧蒸発させた後 1 l の検水を採用し、次の各項目すなわち、pH、電気伝導度、Pアルカリ度、Mアルカリ度、塩素イオン、全硬度、Ca硬度、全鉄、シリカ、SS、濁度、COD、 SO_4^{2-} 、一般細菌数および計算によるランゲリア指数について水質分析を行った。

3・2 試験結果

試験結果を Fig.14 に示す。pH は、濃縮度 4 までは上昇するが、これ以降はやや低下し濃縮度 6 以後安定した (Fig.14(a) 参照)。Ca 硬度は、濃縮度 3 までは濃縮度に比例して上昇するが、4 以上では上昇率が下がる。M アルカリ度は、濃縮度 4 まで上昇しこれ以降は不規則となる (Fig.14(b) 参照)。塩素イオンとシリカはともに濃縮度に比例して上昇する (Fig.14(c) 参照)。SS は濃縮度 2 までは緩慢に、これ以降は急激に上昇する。これは水中に溶解している Ca などが濃縮に伴い析出するためである。COD は濃縮度に比例的に上昇している (Fig.14(d) 参照)。一般細菌は、細菌数 10^4 個/cm³ 以上でスライムトラブルを生じやすく、検水の場合濃縮度 3.5 以上でスライム処理が必要となる (Fig.14(e) 参照)。検水が濃縮度上昇に対し、スケール生成傾向にあるか腐食傾向にあるかはランゲリア指数により判定した (Fig.14(f) 参照)。このグラフにより、濃縮度 1.5 をさかいに腐食側とスケール析出側に別れることがわかる。

以上の試験結果をもとに、本装置運転下での循環水濃縮度を常用 2 以下、上限 3 と設定し、先に述べたように、濃縮に対する水質障害防止のためスケール析出防止剤 (分散剤) の注入、上質循環水部分濾過方式の採用、次亜塩素酸ソーダの注入などを実施した。

4. 結 び

新設西工場の水処理設備で、今回新たに採用した海水深層取水方式、海水の電解による滅菌方式および高炉ガス洗浄用循環水の pH 上昇用曝気方式

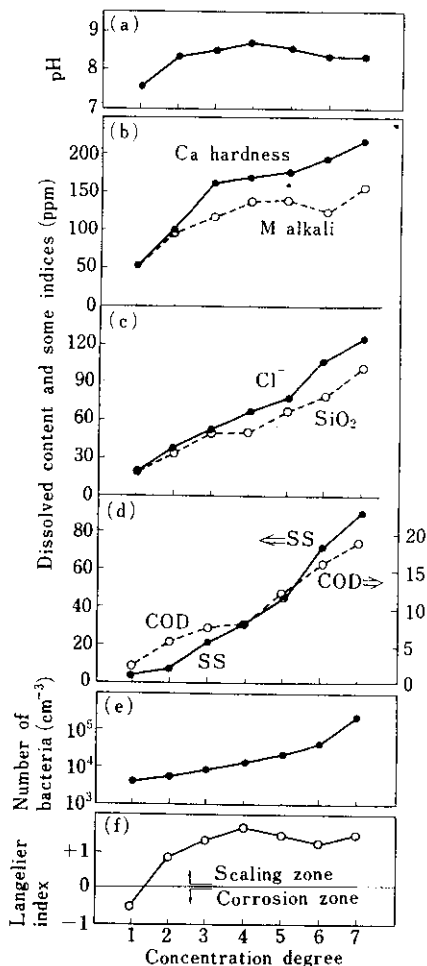
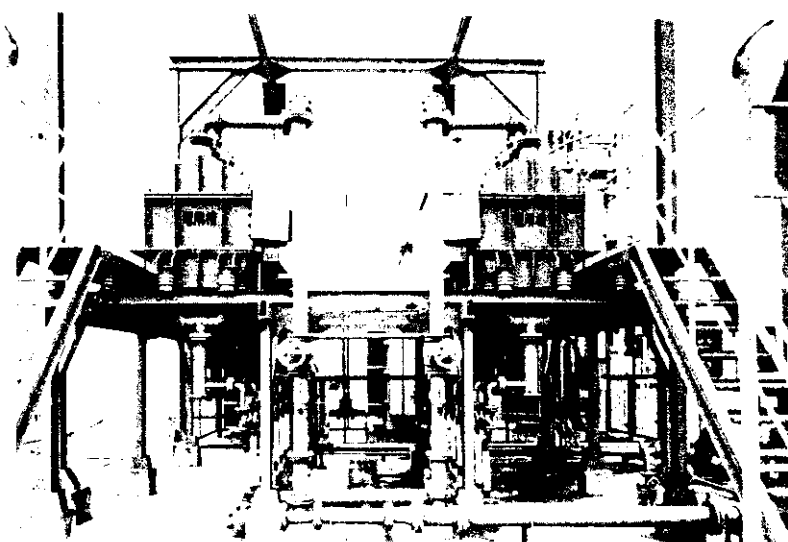


Fig. 14 Effect of concentration degree on the quality of industrial water

は、機能的にはますますの成果を上げているが、高炉ガス洗浄循環水の曝気装置には補助設備として苛性ソーダ注入設備の用意が必要となっている。環水率は、防食剤・分散剤を使用し濃縮運転可能としたこと、運転上循環水のオーバーフロー水が出ないよう水槽容量および水位の設定をしたことにより、96%に達している。今後、操業実績から種々の合理化や改良すべき点を掘り出し、その解決に努力することにより将来の計画に役立てていきたいと思う。



千葉製鉄所西工場の海水直接電解装置