

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5769300号
(P5769300)

(45) 発行日 平成27年8月26日 (2015. 8. 26)

(24) 登録日 平成27年7月3日 (2015. 7. 3)

(51) Int. Cl.

F I

B O 1 D 21/30 (2006. 01)

C O 2 F 1/52 (2006. 01)

B O 1 D 21/00 (2006. 01)

B O 1 D 21/01 (2006. 01)

G O 1 N 27/26 (2006. 01)

B O 1 D 21/30 A

C O 2 F 1/52 Z

B O 1 D 21/00 B

B O 1 D 21/01 B

B O 1 D 21/01 C

請求項の数 4 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2011-158805 (P2011-158805)
 (22) 出願日 平成23年7月20日 (2011. 7. 20)
 (65) 公開番号 特開2013-22505 (P2013-22505A)
 (43) 公開日 平成25年2月4日 (2013. 2. 4)
 審査請求日 平成26年5月20日 (2014. 5. 20)

(73) 特許権者 509302869
 山▲崎▼ 満佳
 神奈川県横浜市戸塚区汲沢 1 丁目 1 2 - 3
 O
 (73) 特許権者 509302870
 飯村 孝志
 神奈川県横浜市磯子区杉田 5 丁目 1 7 番 1
 4 号
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人 Y K I 国際特許事務所
 (72) 発明者 山▲崎▼ 満佳
 神奈川県横浜市戸塚区汲沢 1 丁目 1 2 - 3
 O

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 凝集剤注入量決定装置及び凝集剤注入量制御システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

原水の pH (pH) を計測する pH 計測手段と、
 原水の導電率 () を計測する導電率計測手段と、
 変数として、計測した pH および のみを用いる式に基づき、凝集剤注入量を求める凝
 集剤注入量算出手段と、

を有し、

前記凝集剤注入量算出手段は、

流動電位 E は、E₀ を特定の pH および導電率 の原水に基づき決定した、凝集剤混和
 後の混和水におけるマイクロフロックの荷電状態を示す流動電位の目標値である設定流動
 電位値、pH₀ を設定目標流動電位値 E₀ を求めた時の混和水 pH として、

$$E = E_0 + K (pH - pH_0) /$$

で求め、

係数 K は、K₁ を定数、₀ を設定目標流動電位値 E₀ を求めた時の原水導電率として

$$K = K_1 + K_1 (1 - / _0)$$

で求め、

凝集剤注入量 X を、E を流動電位、₀ を定数として、

$$X = E +$$

で求める、

凝集剤注入量決定装置。

【請求項 2】

請求項 1 における凝集剤注入量決定装置において、

さらに、

前記原水を貯留する原水タンクを有し、

前記 pH 計測手段および前記導電率計測手段は、前記原水タンク内の原水の pH、を計測する凝集剤注入量決定装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の凝集剤注入量決定装置を有する水処理施設の凝集剤注入量制御システムであって、

流入水を原水として前記凝集剤注入量決定装置に供給するとともに、その原水を使用して前記凝集剤注入量決定装置から出力される、凝集剤注入量を用いて、流入水への凝集剤注入量を制御して、凝集処理を行う水処理施設の凝集剤注入量制御システム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の水処理施設の凝集剤注入量制御システムにおいて、

原水の濁度を検出する濁度計を有し、

前記濁度計により検出した原水濁度が所定以上であった場合には、濁度比例定数に基づき計算した凝集剤注入量を決定する水処理施設の凝集剤注入量制御システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水処理における凝集剤注入の決定に関する。

【背景技術】

【0002】

浄水場などの水処理施設においては、例えば、PAC（ポリ塩化アルミニウム）などの凝集剤を用いた凝集沈殿処理や、砂濾過処理などによって水を浄化している。ここで、この凝集処理において、凝集剤の注入率を適切に制御し、少ない添加で十分な処理を行うために各種の制御法が提案されている。

【0003】

特許文献 1、2 などでは、凝集剤混和水におけるマイクロフロックのゼータ電位に相当する流動電流値（SC 値）を検出し、この検出結果に基づいて凝集剤注入量を制御することが提案されている（特許文献 1、2 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 3 5 2 2 6 5 0 号公報

【特許文献 2】特許第 3 4 8 5 9 0 0 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、特許文献 1、2 の手法について、さらなる検討を行ったところ、自動操作には自動条件を決める検量線の実験が必要で、稼動中の実プラントでそれらを求める事は困難である。

【0006】

また、流動電流計は、凝集剤を添加してマイクロフロックを形成し、そのマイクロフロックの状態を計測する。そこで、安定した計測を行い、オンラインでの凝集剤添加量制御を適切に制御するのが比較的難しい。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る凝集剤注入量決定装置は、原水の pH（pH）を計測する pH 計測手段と

10

20

30

40

50

、
 原水の導電率（ ）を計測する導電率計測手段と、変数として、計測した pH および
 のみを用いる式に基づき、凝集剤注入量を求める凝集剤注入量算出手段と、を有し、

前記凝集剤注入量算出手段は、流動電位 E は、 E_0 を特定の pH および導電率 の原水
 に基づき決定した、凝集剤混和後の混和水におけるマイクロブロックの荷電状態を示す流
 動電位の目標値である設定流動電位値、 pH_0 を設定目標流動電位値 E_0 を求めた時の混
 和水 pH として、

$$E = E_0 + K (pH - pH_0) /$$

で求め、係数 K は、 K_1 を定数、 0 を設定目標流動電位値 E_0 を求めた時の原水導電率
 として、

$$K = K_1 + K_1 (1 - / 0)$$

で求め、凝集剤注入量 X を、 E を流動電位、 0 を定数として、

$$X = E +$$

で求めることを特徴とする。ここで、 $E_0 = I_0 / 0 = I /$ より、 $I = E_0$ である
 から、 $Isp = E_0 + K (pH - pH_0)$ を得る。両辺を で除すと、 $E = Isp /$
 であるから、 $E = E_0 + K (pH - pH_0) /$ となる。

【0008】

また、さらに前記原水を貯留する原水タンクを有し、前記 pH 計測手段および前記導電
 率計測手段は、前記原水タンク内の原水の pH、 を計測することが好適である。なお、
 原水の水質に変動が無い時、原水タンクに貯留機能は無くても良い。この場合、原水タン
 クは、pH 計と導電率計をセットするタンクとして使用する。

【0010】

また、本発明は、上述の凝集剤注入量決定装置を有する水処理施設の凝集剤注入量制御
 システムであって、流入水を原水として前記凝集剤注入量決定装置に供給するとともに、
 その原水を使用して前記凝集剤注入量決定装置から出力される、凝集剤注入量を用いて、
 流入水への凝集剤注入量を制御して、凝集処理を行うことを特徴とする。

【0011】

また、原水の濁度を検出する濁度計を有し、前記濁度計により検出した原水濁度が所定
 値以上であった場合には、濁質比例定数に基づき計算した凝集剤注入量を決定することが
 好適である。

【発明の効果】

【0012】

このように、本発明によれば、原水の pH、導電率に応じて適切な凝集剤注入率を決定
 することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】水処理システムの全体構成を示すブロック図である。

【図2】凝集剤注入量決定装置の構成を示す図である。

【図3】PAC 注入率と混和水 pH の関係を示す図である。

【図4】 K 値を求める直線を示す図である。

【図5】SC 検量線を示す図である。

【図6】PAC 注入量と表面電位の関係を示す図である。

【図7】電位と PAC 注入率の関係を示す図である。

【図8】各種のデータの経時変化を示す図（トレンドグラフ）である。

【図9】電位と PAC 注入率の関係を示す図である。

【図10】電位と PAC 注入率の関係を示す図である。

【図11】処理のトレンドグラフである。

【図12】電位と PAC 注入率の関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

10

20

30

40

50

以下、本発明の実施形態について、図面に基づいて説明する。

【0015】

図1は、実施形態に係る水処理施設の概略構成を示す図である。この水処理システムは、通常の水処理を行う水処理システム100と、この水処理施設における凝集剤注入率を決定するための凝集剤注入量決定装置200とを含んでいる。

【0016】

「水処理施設の構成」

河川水などの浄化すべき対象である原水は、取水施設を介し、水処理システム100の着水井10に流入する。着水井10内の原水は、急速攪拌池12に供給され、ここで凝集剤と混合される。ここで、凝集剤は、薬剤タンク14に貯留されており、薬剤ポンプ16によって原水に混合される。凝集剤は、急速攪拌池12に至る流路において注入されるように図示したが、急速攪拌池12に直接供給してもよい。

10

【0017】

また、着水井10から急速攪拌池12へ供給される原水量は流量計18によって計測され、計測した流量が制御装置20に供給される。制御装置20では、演算装置70から供給される凝集剤注入率についての指示と、流量計18からの流量に応じて凝集剤の注入量を決定し、薬剤ポンプ16の送液量を制御して、原水に対する凝集剤注入率を制御する。なお、凝集剤としては、通常PAC（ポリ塩化アルミニウム）が利用されるが、硫酸アルミニウムや塩化第二鉄など他の凝集剤を用いてもよい。

【0018】

20

急速攪拌池12では、攪拌機によって凝集剤と原水が急速攪拌混合され、原水中に含まれるコロイドと凝集剤が反応し粒子を形成する。ここで、凝集剤とコロイドが反応したものを粒子と呼び、一定の反応時間を経過した粒子をマイクロフロックと呼ぶが、水量が一定であれば急速攪拌池12の反応時間が一定になるので、ここから流出する混和水中の粒子をマイクロフロックと呼ぶ。マイクロフロックを含有する混和水中の粒子はフロック形成池22に供給され、ここで緩速攪拌され、フロック粒径の粗大化が図られる。

【0019】

フロック形成池22によりフロックが粗大化されたフロック含有水は、凝集沈殿池24に導入され、ここでフロックが沈殿分離され、上澄みに凝集沈殿処理水が得られる。凝集沈殿池24において生じる沈殿汚泥は別途処分される。

30

【0020】

凝集沈殿処理水は、急速ろ過池に供給され、ここで急速ろ過されるろ過処理水が消毒／配水池に導入され、ここで塩素注入などの消毒処理された後、水道水として配水される。

【0021】

「凝集剤注入量決定装置の構成」

本実施形態において、水処理システムは、凝集剤注入量決定装置200を有している。この凝集剤注入量決定装置200は、原水の一部をサンプリングして、これについての凝集処理を行い、凝集剤の注入量を決定する。また、凝集剤注入量を決定することで、各種定数を決定することができ、このような定数を決定した後は、原水導電率、原水pHから凝集剤注入率を決定する。

40

【0022】

図2に示すように、着水井10内の原水は一定量ずつ原水タンク42に導入される。図示の例では、サンプリングポンプ40が設定した一定量吐出するものであり、これによって一定量の原水が原水タンク42に導入される。この場合、水量を流量計などで計測してフィードバック制御することが好ましい。また、サンプリングポンプ40ではなく、自然流下によって原水を原水タンク42に導入してもよい。この場合、原水導水管の採水弁により、導入する原水を一定量とする。

【0023】

原水タンク42には、導電率計44と、pH計46が設けられており、原水タンク42内の原水の導電率と、pHが計測される。なお、原水の導電率、pHが計測できれば、

50

着水井 10 の原水について計測してもよい。また原水 pH が低い時や炭酸ガス等を使用し原水 pH を低下させて使用する時は原水 pH 計を省略する事も可能である。

【 0 0 2 4 】

原水タンク 4 2 内の原水は自然流下により急速攪拌タンク 5 0 に供給される。また、急速攪拌タンク 5 0 へ供給する原水に、薬剤タンク 5 2 からの凝集剤 (P A C) を薬剤ポンプ 5 4 によって注入する。この際の凝集剤注入率は、演算部 5 6 により決定される。急速攪拌タンク 5 0 への流入水量は上述のように一定量であり、この一定量に凝集剤注入率を乗算した凝集剤が急速攪拌タンク 5 0 に供給される。なお、このような薬剤ポンプ 5 4 の吐出量制御を行うために、サンプリングポンプ 4 0 の吐出量は、演算部 5 6 において把握している必要がある。

10

【 0 0 2 5 】

急速攪拌タンク 5 0 には、攪拌機が備えられており、凝集剤が注入された原水が急速攪拌され、原水中のコロイドと凝集剤の粒子が形成される。なお、凝集剤は急速攪拌タンク 5 0 に直接注入してもよい。また、薬剤タンク 5 2 に貯留される凝集剤は薬剤タンク 1 4 と同じで、同じ製造メーカーの P A C であることが望ましい。

【 0 0 2 6 】

急速攪拌タンク 5 0 において、マイクロフロックが形成された凝集剤混和水は、S C メータ 5 8 に供給され、ここで流動電流値 (S C 値) が計測される。この S C メータ 5 8 は、混和水を移動させて荷電粒子の移動に応じた流動電位に対応する流動電流を S C 値として出力するものであり、S C 値は混和水中のマイクロフロックの荷電状態に応じたものであり、マイクロフロックのゼータ電位に対応する。ここで、S C メータ 5 8 のスケールは 0 ~ 5 0 0 u n i t s と $\pm 2 5 0$ u n i t s の 2 種類から選択できる。本装置では、後者を使用しており、マイクロフロックの流動電位は通常負の値になる。なお、この S C メータ 5 8 は、従来から知られている計器であり、詳細な説明は省略する。S C メータ 5 8 において計測した S C 値は、演算部 5 6 に供給される。また、S C 値検出後の混和水は、排水タンク 6 0 を介し排出されるが、この排水タンク 6 0 には、p H 計 6 2 が設置されており、これにより混和水の p H が測定され、この混和水 p H は制御には使用しないが、S C 検量線を測定する時に必要で、通常は混和水 p H のモニタとして使用し演算部 5 6 に供給される。S C 値と同じ時刻で測定できれば排水タンクにこだわらない。ここで、S C メータ 5 8 に供給される混和水は、急速攪拌タンク 5 0 から流出される混和水のうち、計測に必要な一部のみでよい。また、排水タンク 6 0 からの排水は排水処理施設に供給してもよいが、着水井 1 0 や、急速攪拌池 1 2 に導入してもよい。また、膜ろ過して飲料水にしても良い。

20

30

【 0 0 2 7 】

演算部 5 6 では、S C メータ 5 8 において計測した S C 値が所定値になるように、薬剤ポンプ 5 4 による凝集剤注入量を制御する。これについて、以下に説明する。

【 0 0 2 8 】

まず、凝集剤の注入量の決定には、従来から回分式ジャーテストが利用されており、本実施形態においてもこれを利用する。

【 0 0 2 9 】

この回分式ジャーテストでは、マグネットスターラによる急速攪拌後、緩速攪拌によって略式のフロックの粗大化を図り、上澄水の目標濁度から適正な凝集剤添加量を選定する。このような回分式ジャーテストは、水道用水 (原水) 中のコロイドと凝集剤が反応して形成されたマイクロフロックの表面電荷が中和された際の凝集剤添加量を求めることに対応している。すなわち、表面電荷が中和されることで、フロックの粗大化を図り、且つ上澄水濁度が目標値になったことを確認することで、凝集剤注入率を最適化することができ、凝集剤注入率を決定できる。

40

【 0 0 3 0 】

このようにして、回分式ジャーテストによって、その時の原水について、適正凝集剤注入率が決定され、これに処理水量を乗じて適正凝集剤注入量が決定される。しかし、実際

50

の水処理施設に流入してくる原水の水質、水量は変化する。また、回分式ジャーテストにより決定された凝集剤注入率は連続測定が出来ないので急激な水質変動に追随出来ない欠点がある。

【 0 0 3 1 】

上述のような回分式ジャーテストは、本来、時間の経過に従って、常に、または原水の水質、水量が変化する度に測定されるべきであるが、殆どの浄水場では手間が掛かるので、経済的な理由から、一日一回程度のテストで凝集剤の注入を決定している。安全上の理由から凝集剤の過剰注入はクリプトスポリジウム対策にも有効なため、全国的に行われていたが、水道水へのアルミの溶出の問題もあり、その注入率の削減が望まれている。過剰注入対策を行う浄水場での凝集剤の削減率は30%程度と報告されており、凝集剤の適正注入が望まれている。本装置で確認された削減率は平均PAC注入率30mg/Lの原水をpH中和剤として炭酸ガスと併用すればPAC注入率を10mg/L以下にする事が可能である。

10

【 0 0 3 2 】

特に、原水中のコロイド濃度や、pH及び導電率などによって、適正凝集剤注入率が変化する。本実施形態の凝集剤注入量決定装置200における、SCメータ58によれば、凝集剤混和水のマイクロブロックの電荷に対応するSC値を連続的に検出できる。このため、このSC値を用いて凝集剤の注入量を制御することで、より正確な凝集剤注入量制御が行える。

20

【 0 0 3 3 】

SC値は、原水pH、導電率などにより変化することは述べたが、さらに、マイクロブロックの流動電位は、急速攪拌タンクの滞留時間（反応時間）によっても変化する。従って、処理水量の変動する水処理施設において、凝集剤混和水のSC値を計測しても、流量変動を補正する手段を開発しなければ正確な凝集剤注入量制御が行えない。

【 0 0 3 4 】

本実施形態では、サンプリングポンプ40を用いて、凝集剤と原水の反応時間を一定に制御する。また、原水pH、原水導電率を計測し、これら計測値に応じて目標流動電流値（目標SC値 = I_{sp} ）を決定する。この目標SC値は、原水pH、導電率を考慮し、かつ反応時間も一定に保った状態での適正SC値である。また、目標SC値は、原水pHの変化が混和水pHの変化にも影響するため、本実施形態では混和水pHの目標値pH₀に応じた基準となるSC値（ I_0 ）を決定する。設定SC値 I_0 は、SC検量線から求めるが、凝集剤や、原水の根本的な変化（例えばアルカリ度不足等）がない限りは適正PAC注入率でのマイクロブロック表面電荷に近いものである。

30

【 0 0 3 5 】

そして、凝集剤注入量決定装置200の演算部56は、凝集剤混和水のSC値が目標SC値に一致するように、薬剤ポンプ54の駆動を制御する。従って、演算部56において、適正凝集剤注入量の凝集剤が注入されることになり、その時の凝集剤注入量を決定することができる。

【 0 0 3 6 】

ここで、目標SC値の算出について説明する。上述のように、スタート時点では、回分式ジャーテストによって、適正凝集剤注入率を決定し、その時の混和水pHであるpH₀値を検出する。

40

【 0 0 3 7 】

そして、アルカリ性原水には、凝集剤注入量決定装置200において、目標SC値を決定するがこの目標SC値は、下記のようにして決定する。

$$I_{sp} = I_0 - I_0 \left(1 - \frac{\quad}{\quad} \right) + K (pH - pH_0) \cdots \cdots (1)$$

$$K = K_1 + K_1 \left(1 - \frac{\quad}{\quad} \right) \cdots \cdots (2)$$

$$I = a pH_{md} + b \cdots \cdots (3)$$

【 0 0 3 8 】

ここで、 I_{sp} は目標SC値(mA)、設定SC値である I_0 はSC検量線の式(3)

50

から $pH_{md} = pH_0$ とした時の SC 値、 σ_0 は SC 検量線作成時の原水導電率、 pH_0 は回分試験で得た混和水 pH 、 σ は現時点での原水導電率、 pH は現時点での原水 pH である。また、 K_1 は SC 検量線試験、試行錯誤法等から求めるが単位 pH 当たり変化する SC 値を示す $pH - SC$ 変換係数 ($= SC / pH$) であり、 K は K_1 に導電率変化を考慮した $pH - SC$ 変換係数である。なお、 $K = 0$ 、 $K_1 = 0$ 、 $I_0 < 0$ とする。また、アルカリ性原水の場合、原水 pH は、 PAC 添加後の混和水 pH_{md} の一つである pH_0 より大きく、 $pH > pH_0$ である。 K 値は自動測定法からも求める事ができる。式 (3) から $pH_{md} = pH_0$ の時の SC 値である設定 SC 値 I_0 を求め、式 (1) に I_0 を代入し、 $K = 0$ として自動運転することで K 値は求まる。なお、式 (2) については、後述する。

10

【0039】

ここで、 SC 値 I は、導電率 σ により除算することで表面電位 E に換算できる。従って、式 (1) は、次のように書き換えることができる。

$$E_{sp} = E_0 + K (pH - pH_0) / \sigma \cdots (1)'$$

【0040】

「凝集剤注入量の決定」

演算部 56 においては、凝集剤である PAC の注入量を、表面電位が E_{sp} に一致するように制御する。

【0041】

一方、上記式 (1)' などからわかるように、一旦 E_0 、 σ_0 、 pH_0 、 K_1 を求めてしまえば、その後は、低濁度原水では原水 pH 、原水導電率から目標表面電位 E_{sp} を求めることができる。そして、 PAC の注入量は、表面電位を E_{sp} にするためのものであり、 PAC 注入量と E_{sp} には、一定の関係があるはずである。

20

【0042】

各種の pH 、導電率 σ の原水に対して、凝集剤注入量決定装置 200 による凝集剤注入量を求めた結果から、目標凝集剤注入量 PAC_{sp} (以降、適宜 PAC_4 とも記す) は、 σ_0 を定数として、

$$PAC_{sp} = PAC_4 = \sigma_0 (E_{sp} - E_0) / K \cdots (4)$$

で決定できることが確認された。すなわち、異なる目標表面電位 E_{sp} の時の凝集剤注入量を測定し、プロットすることで、定数 σ_0 、 K を求めることができ、その後は測定して得られた原水 pH 、原水導電率 σ に基づき、式 (1)' により目標表面電位 E_{sp} を算出し、その E_{sp} を利用して上式により凝集剤注入量 PAC を算出することで、演算装置 70 において凝集剤注入量を求めることができる。

30

【0043】

そして、このようにして求められて凝集剤注入量を制御装置 20 に供給することで、原水に対する凝集剤注入量が適正值に制御される。

【0044】

ここで、本実施形態では、原水濁度を計測する濁度計 72 が設けられている。濁度計 72 は、原水タンク 42 内の濁度を計測してもよいし、着水井 10 の原水を検出してもよい。そして、検出した原水濁度が演算装置 70 に供給される。

40

【0045】

「 PAC 注入量の算出」

上述のように、本実施形態によれば、原水の pH 、導電率 σ の水質情報を凝集剤注入量決定装置 200 に送り、ここで凝集剤注入量が決定され、水処理システム 100 における凝集剤注入量が決定された凝集剤注入量に制御される。

【0046】

この演算により決定される凝集剤注入量を演算 PAC 注入率 ($= PAC_{sp} : mg / L$) と呼ぶ。この演算 PAC 注入率の定義を式 (5.1) に示す。

$$PAC_{sp} = PAC_4 = \sigma_0 (E_{sp} - E_0) / K \cdots (5.1)$$

【0047】

50

ここで、 PAC_{sp} = 任意の設定電位 E_0 一つ毎に成立する演算 PAC 注入率 (mg/L)、 E = 実測表面電位 (mV)、 σ 、 σ_0 = 導電率が異なる 3 回以上の自動注入連続実験の平均 PAC 注入率を回帰分析で求めた定数である。

【0048】

演算装置 70 に送られた原水 pH と導電率の現在値は式 (5.2) & 式 (5.3) で示す実測流動電流値を実測表面電位 E に変換する。そして、 PAC_{sp} で PAC 注入率が演算され水処理システム 100 の制御装置 20 に電送される。

【0049】

ここで、オームの法則から $E = I \div \sigma$ であるから、上述の式 (1) の両辺を σ で除すと、次のようになる。

$$I_{sp} \div \sigma = E = E_0 + K (pH - pH_0) \div \sigma \cdots \cdots (5.2)$$

$$K = K_1 + K_1 (1 - \sigma_0 / \sigma) \cdots \cdots (5.3)$$

【0050】

ここで I_{sp} = 目標 SC 値 (mA)、 E_0 = 設定電位 (mV)、 E = 実測表面電位 (mV)、 σ = 原水導電率 ($\mu S/cm$)、 σ_0 = 設定導電率 ($\mu S/cm$)、 pH = 原水 pH (-)、 pH_0 = 設定混和水 pH (事例では $pH_0 = 7.3$)、 K = pH ベクトル係数 (mA/pH)、 K_1 = ベクトル係数 (mA/pH) である。

【0051】

「演算 PAC 注入率 (および) とその求め方」

式 (5.1) は本水処理システムにおける凝集剤注入率を与えるが、低濁度 (25 度) であれば PAC 注入率は原水濁度と関係が無く、 pH の中和剤として消費される PAC と水の電気抵抗率を表す導電率及びアルカリ度の影響を受ける。この導電率とアルカリ度は同時に大きくなったり、小さくなったりし、降雨の希釈率で変異する事が水道統計から判明している。

【0052】

ジャーテストと同じ原理に基づく SC 検量の測定から式 (5.2) を導くが、その表面電位 E は、導電率が一定という条件が付く。しかし、 PAC_{sp} は異なる 3 点以上の導電率を満足するので全ての導電率とアルカリ度に対応する演算 PAC 注入率 PAC_{sp} (PAC_4) となる。

【0053】

なお、ジャーテストと併用し、 PAC の注入率の変化に伴う pH の変化を検出しておけば、さらに正確な および を求める事も可能である。

【0054】

「 SC 検量線の測定とジャーテストの関係と実測表面電位の定義」

表 1 は、図 2 のフローを持つ凝集剤注入量決定装置に約 30 L / 分の原水を連続通水し、 PAC 注入率を 6 回変化させ、接触時間 (20 分) を一定にして SC 値を測定した結果である。

【0055】

10

20

30

【表 1】

dose	d-1	d-2	d-3	d-4	d-5	d-6
導電率 $\mu\text{S/cm}$	150	151	151	150	150	150
PAC mg/L	9	14	18	27	45	80
pH (-)	7.75	7.73	7.74	7.74	7.74	7.74
pHmd (-)	7.35	7.42	7.34	7.27	7.1	6.83
SC mA	-75	-77	-73	-61	-26.5	34.9
実測電位 mV	-0.5	-0.51	-0.483	-0.407	-0.177	0.046
pH - pHmd (-)	0.4	0.31	0.4	0.47	0.64	0.91
$10^{\Delta\text{pH}}$ (-)	2.51	2.04	2.51	2.95	4.37	8.13
$\Delta\text{SC}=\text{SC}-106.4$	31.4	29.4	33.4	45.4	79.9	141.3
実測電位 mV	-0.5	-0.51	-0.483	-0.407	-0.177	0.233

【0056】

表 1 に示す様に、原水の pH、導電率、濁度が一定の時に SC 検量線を測定した。導電率とアルカリ度は共に同じ希釈率を持つので一定である。

【0057】

例えば、ジャーテストは、バケツで採水し、攪拌した後、PAC 注入率を変えた 6 個の検体を作りジャーテスト装置で攪拌と沈殿を行い、その中から沈降性の良い検体を総合的
40
判断で選定する。その検体の適正 pH、適正 PAC 注入率及び適正アルカリ度を求めるのが、本来のジャーテストであるが、図 3 に示す様に、混和水 pH (= pH_{md}) と PAC 注入率が負の比例関係にある事はあまり知られていない。水の電気抵抗が一定になるからである。

【0058】

図 3 の 4 点は SC 検量線の測定値で他の 4 点は同じ検水のジャーテスト注入率をプロットしたものである。表 1 の d-1 と d-2 は凝集剤不足でこの式 (6.1) の PAC 検量線上に乗らない。d-3 の PAC 注入率から d-6 のまでの PAC が図 5 に示す SC 検量線上に乗る。SC 検量線上のフロックは全て沈降性が良いが、ジャーテストで総合的に決定する。ここでは SC 検量線を求める実験とジャーテスト実験を同時に行った。異なる点
50

は前者が粒子表面電流値を測定し、これを電位に変換してmV表示することである。

【0059】

これより、下記式(6.1)が得られる。

$$PAC = -120.7 pH_{md} + 903.72 \dots \dots (6.1)$$

ここで pH_{md} = 混和水 pH (-) である。

【0060】

式(6.1)が直線になるのは水質が一定であり、導電率 $= 150 \mu S / cm$ が一定であるので水の電気抵抗率 R ($/ cm$) が一定となるからである。

【0061】

一般に電気工学で R と σ は逆数の関係があり式(6.2)で表される。

$$R (= 10^6 / cm) = 1 / \sigma \dots \dots (6.2)$$

10

【0062】

SC値(= I , mA) が相対値であるので式(5.2)でオームの法則を利用したが、SC値を電位変換すると何等かの係数が生じるはずであるが、PAC注入率の制御には係数は不要の $E = I / \sigma$ mVとして扱う。

【0063】

「pHベクトル係数K値」

図4は、表1を利用しx軸に 10^{-pH} をy軸にSC値を取り、単位pH当たりのSC値の変化率K値(図における傾き)を求める図である。K値は図5のSC検量線の勾配と同じ大きさを持つが符号が異なる。図4から $K = K_1 = 18.8 mA / pH$ 、 $R^2 = 0.9913$ を得た。K値は目標SC値を $I_s = E_0$ としてPACの自動注入実験からも求める事が出来るが表1から求める方が、測定精度は良く、相関係数0.991を得ることができた。

20

【0064】

「SC検量線とPAC：表面電位関数」

SC検量線は、ジャーテスト実験と、凝集剤注入量決定装置200の運転を同時に行い、適正 pH_0 から適正SC値(= I_0) を求めた。

【0065】

表1からx軸に混和水 pH (= pH_{md}) を、y軸にSC値を取り、SC検量線を測定した。ジャーテスト結果の適正混和水 pH が $pH_{md} = 7.3$ であったので設定 $pH_0 = 7.3$ を採用した。この時の式(6.3)より $SC = -67 mA$ であったので設定SC値(= I_0) = $-67 mA$ と決定した。

30

【0066】

従って、図5に示すように、式(6.3)が得られる。

$$SC \text{ 値} : I = -213.05 pH_{md} + 1488.7, R^2 = 0.9981 \dots (6.3)$$

【0067】

また、 $pH_{md} = pH_0 = 7.3$ と図3から、適切SC値を求めた際の設定PAC注入量(= PAC_0) = $22.2 mg / L$ を決定した。

【0068】

40

図6は、表1からPACと実測表面電位Eとの近似式(6.4)が得られることを示している。これより、設定電位 $E_0 = -67 mA / 150 = -0.447 mV$ を決定した。これより、表面電位に対するPAC注入量の関係が得られる。

$$PAC = 85.10 E + 60.243 \text{ } mg / L, R^2 = 0.999 \dots (6.4)$$

【0069】

「凝集剤の自動注入実験」

上述のように、設定条件における目標表面電位である

$$E_0 = -0.447 mV, PAC_0 = 22.2 mV, pH_0 = 7.3, \sigma = 150 \mu S / cm, K = K_1 = 18.8 mA / pH$$

が決定できたので目標SC値を $I_{sp} = E_0 + K (pH - pH_0)$ として計算し、PAC

50

Cポンプの回転数制御を行い、現在SC値＝目標SC値となる様に自動運転した。但し $K_1 = 14 \text{ mA} / \text{pH}$ として実験した為、平均PAC注入率等は $K_1 = 18.8$ に比較すると小さい。

【0070】

この実験(PAC₂を求める)は設定電位 E_0 を3回変えて行い、その平均PAC注入率の回帰分析法からPAC-表面電位の一次関数の近似式(7.1)を得た(図7参照)。

$$\text{PAC} = 85.2E + 66.3, \quad R^2 = 0.994 \dots \dots (7.1)$$

【0071】

図8に、表面電位 $E_0 = -0.447 \text{ mV}$ に基づきPACの添加量を制御した結果を示す。この際の各種データは、表2に示すとおりである。

【0072】

【表2】

	SC値	SC目標値	PAC mg/L	EC1(σ) (原水)	pH1 (原水)	pH2 (混和槽)
平均値	-63.5	-63.1	31.5	157.9	7.87	7.28
最大値	-56.1	-55.4	45.2	163.7	8.41	7.39
最小値	-70.3	-68.3	22.0	135.7	7.63	7.19

【0073】

図7の中央の測点の平均PAC注入率 $31.5 \text{ mg} / \text{L}$ は図8の自動注入の平均値であり、この時混和水 $\text{pH} = 7.28$ を示した。目標 $\text{pH} = 7.3$ をほぼ満足した。

【0074】

「導電率(アルカリ度)の影響と演算PAC注入率」

図9に示すように、式(6.4)、式(7.1)及び設定電位 $E_0 = -0.447 \text{ mV}$ 、 $K_1 = 18.3$ で自動注入した平均PAC注入率点(-0.355 mV 、 $38 \text{ mg} / \text{L}$)から式(8.1)を得たが、各々 $\text{PAC}_1, \text{PAC}_2, \text{PAC}_3$ とする。

$$\text{PAC}_1 = 85.10E + 60.243 \text{ mg} / \text{L} \dots \dots (6.4)$$

$$\text{PAC}_2 = 85.2E + 66.3, \quad R^2 = 0.994 \dots \dots (7.1)$$

$$\text{PAC}_3 = 85.2E + 69.8 \dots \dots (8.1)$$

【0075】

3近似式のy切片の定数の相違は導電率(アルカリ度)の相違から起因する。導電率が大きくなると、アルカリ度も大きくなりPAC注入率が上昇するからである。しかし、最大導電率に近づくに連れ定数の上昇率が小さくなる。

【0076】

これら3式を満足する図9に示す点A, B, Cの回帰解析から PAC_{sp} の式(8.2)を得る。

$$\text{PAC}_{sp} = \text{PAC}_4 = 171.5E + 99.4, \quad R^2 = 0.987 \dots \dots (8.2)$$

【0077】

当初に設定した電位 $E_0 = -0.447 \text{ mV}$ は点AからB, Cと移動した。

【0078】

しかも PAC_{sp} の相関係数 $R^2 = 0.987$ と比較的高いがK値が異なっている、理論通りに移動したと考察できた。 PAC_{sp} は設定電位 E_0 が同じであれば、全ての導電率の変化に対応するPAC注入率を計算できる事からこれを演算PAC注入率と定義する。

【0079】

「適正K値での補正と演算PAC注入式」

図9は、実測値であるがK値を $18.8 \text{ mA} / \text{pH}$ に修正し、正しい演算PAC注入率

を与えるPAC (PAC_{sp})を求める。

【0080】

表3にK₁を統一した時の実測表面電位の計算手順を示す。

【0081】

【表3】

	PAC ₁	PAC ₂	PAC ₃
設定電位	-0.447	-0.447	-0.447
K ₁	18.8	18.8	18.8
導電率	150	161	172
K	18.8	17.4	16.0
原水pH	7.3	8	8.4
K(pH・7.3)	0	12.18	17.6
増大E	0	0.076	0.102
実測電位	-0.447	-0.371	-0.345
演算PAC	22.2	35.8	40.2
実測PAC	22.2	31.5	38

【0082】

実測表面電位を各々PAC₂とPAC₃の表面電位関数に代入し、演算PAC注入率を得る。

【0083】

さらに、この3個の注入率の回帰分析から全ての導電率を満足する設定電位E₀ = -0.447 mVの演算PAC注入率を与える式(9.1)を図10より得る。

$$PAC_{sp} = PAC_4 = 171.5E + 99.4, \quad R^2 = 1 \dots (9.1)$$

【0084】

「演算PAC注入率と従来法によるPAC自動注入率の比較結果」

表4に演算PAC注入率の計算値と目標SC値と現在SC値を同じにする自動注入の測定結果を示す。

【0085】

【表4】

	演算PAC注入率	PAC自動注入(従来法)
実験期間	2011年6月	2009年11月
点CのK値(≠K ₁)	21.6 mA/pH	15.6 mA/pH
平均PAC注入率 mg/L	44.7	38
最大PAC注入率 mg/L	61.0	72.6
最小PAC注入率 mg/L	29.8	12.3
混和水平平均pH(推定)	(7.3以下)	7.34

10

20

30

40

50

【 0 0 8 6 】

また、図 1 1 に実験期間 7 日間の演算 P A C 注入率と実測値を示す。図 9 の場合と同様に、急速攪拌タンクの僅かな滞留時間（ 6 分以下）で、p H 変動に S C 値が最大値と最小値に追従していないが、平均値はそれなりに計算値とバランスが取れていた。

【 0 0 8 7 】

この運転における各種データを表 5 に示す。

【 0 0 8 8 】

【表 5】

	SC 値	SC 目標値	PAC mg/L	EC1 (原水)	pH1 (原水)	pH2 (混和槽)	PAC4 mg/L
平均値	-61.1	-60.7	38.0	172.3	8.44	7.34	44.68
最大値	-42.8	-46.8	72.6	176.0	9.28	7.54	61.01
最小値	-75.0	-72.7	12.3	168.5	7.69	7.16	29.79

10

20

【 0 0 8 9 】

また、K 値が小さい事もあり、混和水 p H が平均 7 . 3 4 と大きくしかも変動幅 7 . 5 8 ~ 7 . 1 6 であった。これは処理に支障を来す事もあり、演算 P A C 注入法が遥かに優れていると言える。すなわち、大きな原水 p H の変動に伴い、S C 目標値が変動し、P A C の注入率（P A C）は大きく変動する。そして、S C 値に基づく自動運転により決定された凝集剤注入量 P A C は、大きな変動となる。一方、演算 P A C 注入率はかなり滑らかな変化となり、この演算 P A C 注入率（F F 制御）を利用する方が、目標 S C 値に基づく自動運転による P A C 注入率（F B 制御）の決定より、優れている。

【 0 0 9 0 】

30

「濁度比例制御」

演算 P A C 注入率の F F 制御から突然目標 S C 値の F B 制御に戻すには準備と時間が必要である。演算 P A C 注入率は原水濁度 2 5 度まで対応できるので、それ以上の濁度は濁度比例制御の同じ F F 制御を継続すべきである。

【 0 0 9 1 】

その時の P A C 注入率は式（ 1 1 . 1 ）で自動注入する。

$$PAC = T * 0.665 * 1.05 \cdots \cdots (11.1)$$

ここで、

T = 原水濁度（度）

0 . 6 6 5 = 濁質比例定数（= 対イオン A L / T 比）= 濁度に含まれる濁質濃度比（ - ）（濁質比例定数は高濁度の時、観測でき粒子表面が電氣的飽和になる最少凝集剤要求量比であり浄水場で異なる）

40

1 . 0 5 = S C 検量線上に P A C 注入率を乗せる最小安全率（ - ）である。

【 0 0 9 2 】

このように、濁度が所定値以上の場合には、濁度比例による凝集剤注入制御に切り換えることが好適である。すなわち、原水の濁度を検出する濁度計により検出した原水濁度が所定以上であった場合には、濁質比例定数に基づき計算した凝集剤注入量を決定することが好適である。低濁度の時、P A C 注入率は原水導電率と p H で律速され、高濁度では濁質濃度で律速される。低濁度では粒子表面積が小さく電氣的飽和にする必要 + イオンは少

50

なく、pHを低下させる凝集剤の消費量の方が多くなる。高濁度では粒子表面積が大きいので単純な濁質比例反応となる。

【0093】

「他の実測例」

図12は、設定電位 $E_0 = -0.414 \text{ mV}$ の時に演算PAC注入率を表3と同様に求めたもので、 $I_0 = -62.1 \text{ mA}$ 、 $\text{pH}_0 = 7.28$ 、 $\text{PAC}_0 = 25 \text{ mg/L}$ （実測値）から求めた。

【0094】

図12から、設定電位 $E_0 = -0.414 \text{ mV}$ の演算PAC注入率は式(12.1)のように表せる。

$$\text{PAC}_{\text{sp}} = \text{PAC}_4 = 144.36E + 84.847, R^2 = 1, \dots (12.1)$$

【0095】

一方、図10では、設定電位 $E_0 = -0.447 \text{ mV}$ の演算PAC注入率は式(9.1)のように表される。

$$\text{PAC}_{\text{sp}} = \text{PAC}_4 = 154.24E + 91.126, R^2 = 1, \dots (9.1)$$

【0096】

図12と図10から、演算 PAC_{sp} の注入率は、SC検量線の測定から任意の設定電位 E_0 の選定で、 PAC_{sp} の & が変化するが、設定電位を変えても演算可能であることがわかる。

【符号の説明】

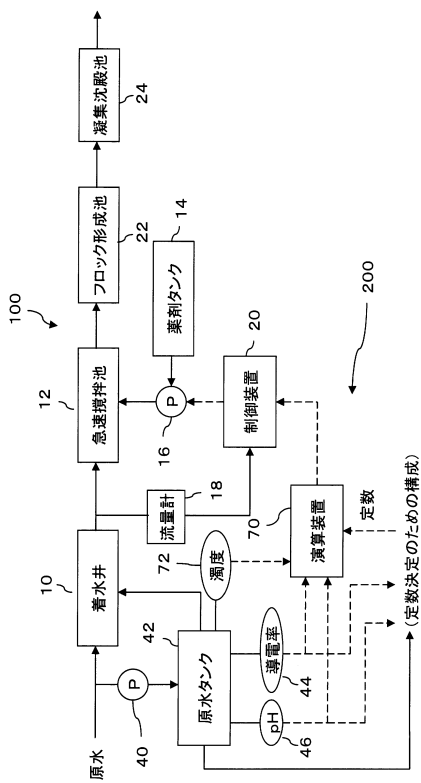
【0097】

10 着水井、12 急速攪拌池、14 薬剤タンク、16 薬剤ポンプ、18 流量計、20 制御装置、22 フロック形成池、24 凝集沈殿池、40 サンプリングポンプ、42 原水タンク、44 導電率計、46 pH計、50 急速攪拌タンク、52 薬剤タンク、54 薬剤ポンプ、56 演算部、58 SCメータ、60 排水タンク、62 pH計、70 演算装置、100 水処理システム、200 凝集剤注入量決定装置。

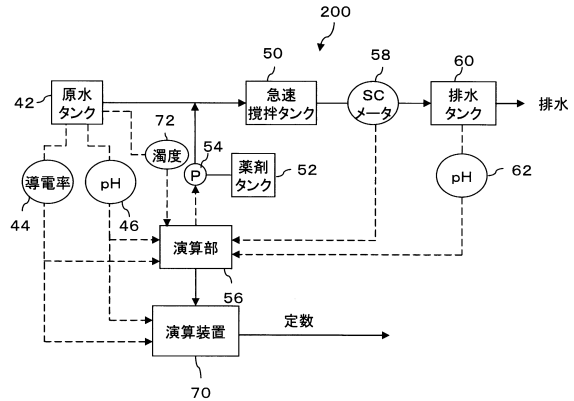
10

20

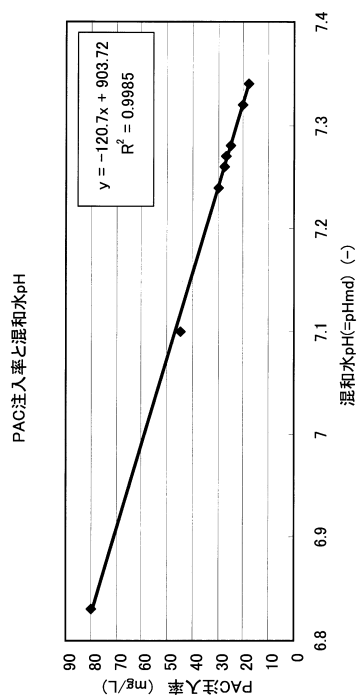
【図 1】



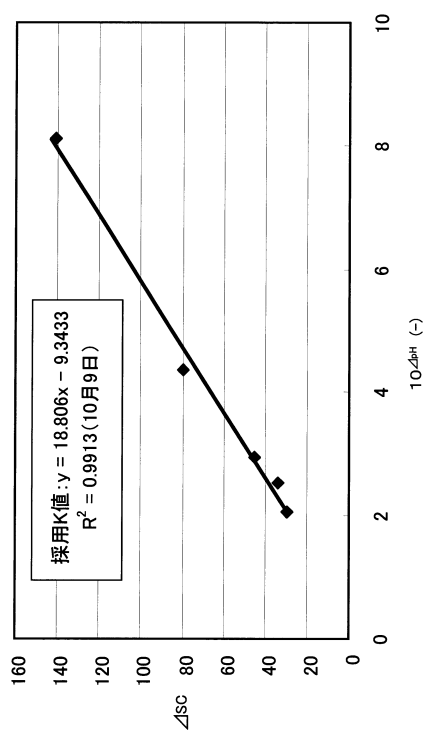
【図 2】



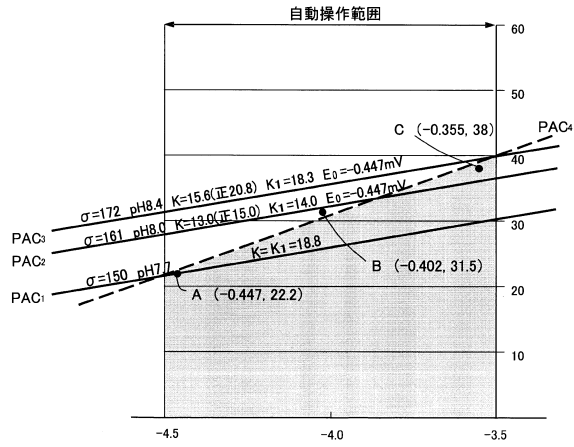
【図 3】



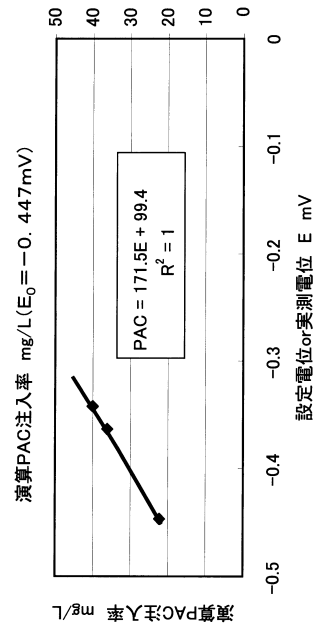
【図 4】



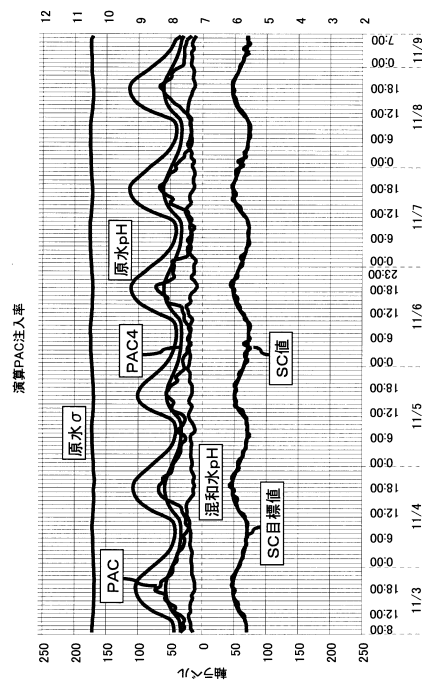
【図 9】



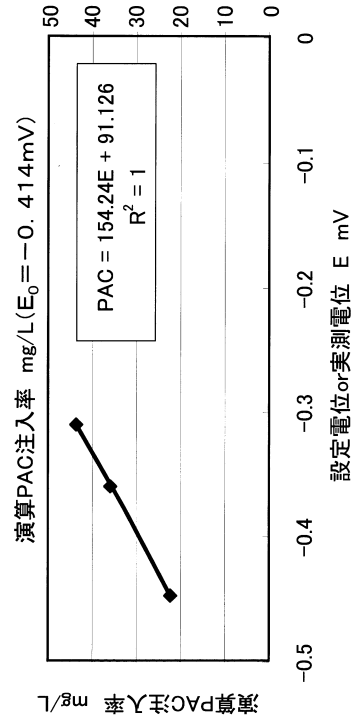
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
G 0 1 N 27/416	(2006.01)	B 0 1 D	21/01	H
G 0 1 N 27/06	(2006.01)	G 0 1 N	27/26	P
		G 0 1 N	27/46	3 5 3 Z
		G 0 1 N	27/06	Z

(72)発明者 飯村 孝志
神奈川県横浜市磯子区杉田5丁目17番14号

審査官 金 公彦

(56)参考文献 特開2004-223357(JP,A)
特開2007-185610(JP,A)
特開平04-305206(JP,A)
特開2002-239307(JP,A)
特開2001-327806(JP,A)
特開平06-226011(JP,A)
特開2008-196862(JP,A)
特開2008-161809(JP,A)
特開2006-126051(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0155255(US,A1)
米国特許出願公開第2010/0224569(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B 0 1 D 2 1 / 0 0 - 2 1 / 3 4
C 0 2 F 1 / 5 2 - 1 / 5 6
C 0 2 F 1 1 / 0 0 - 1 1 / 2 0
Thomson Innovation