

◆ 神鋼環境ソリューション

◆ 神鈿環境ソリューション

、 この用紙は、パルプを漂白するときに塩素ガスを使わない 「無塩素漂白(ECF)」という方法で作られています。

神鋼環境ソリューション技報 2012年度·Vol.9·No.2

18 KOBELCO ECO-SOLUTIONS ENGINEERING REPORTS

64 製品·技術紹介

目	次 CC	ONTENTS
1	<巻頭言> 「共有地の悲劇」と環境負荷低減の責務	
2	講演会抄録 化学物質の環境内運命と生態毒性	Ecotoxicity and Fate of Chemicals in the Environment
9	講演会抄録 生物応答を利用した新しい排水管理手法	New Wastewater Management System Using Bioassay
15	放射性物質に汚染された土壌の除染・減容化技術	Decontamination and Volume Reduction Process for Radiation Contaminated Soil
21	高効率発電を目指した廃棄物のガス化・改質技術 の実証	Demonstration of Gasification and Reforming Technology of Waste for High Efficiency Electricity Generation
26	冷却塔監視システム「CT ウォッチ [®] 」	Cooling Tower Watching System [CT watch]
34	無摺動クリーン撹拌機『スイングスター 🕫』	Frictionless Clean Reactor "SWINGSTIR"
40	重力式高速自然ろ過装置の処理特性	The Processing Characteristic of a Gravity Type Accelerated Velocity Biocontact Filter
47	鉄バクテリアろ過・交野市星の里浄水場 〜井戸水への生物接触ろ過の導入〜	Biological Filtration Introduced to "HOSHINOSATO JOSUI JO"
52	流動解析による加圧浮上装置の改良 浮上速度の高速化検討	Improvement of Pressure Floating Equipment by Flow Analysis Application of Higher Floating Linear Velocity in Pressure Floating Equipment
57	ベトナム POMINA Steel 殿向け水処理設備	Water Treatment System for POMINA Steel
62	TOPICS	
63	施設·技術紹介	

「共有地の悲劇」と環境負荷低減の責務



取締役社長 **重 河 和 夫** Kazuo Shigekawa

日々、環境について語られている。地球という有限空間で、文明の発達により生活レベルの向上を享受するも、最近の人口増加も含めたトータルの人類活動が、地球の自己浄化力、回復力を超えるほどに活発化した結果、現在の地球環境の維持に疑問符がつき、さまざまなレベルで地球環境を如何に持続・保全・改善するかの議論がされている。いわば、人類の「共有地」としての地球をどう永続的に使うかという重い議論である。残念ながら、地球という「共有地」は有限である。環境、資源、燃料、水、食料、生物など、人類の生存のために必要で、有限なものを数え上げればきりがない。一方、人口は幾何級数的に増加し、それに伴い人類の経済活動も幾何級数的に活発化、有限な「共有地」の環境・資源の寿命が短くなっている。

「共有地の悲劇¹⁾」という話がある。全ての人の共有地である牧草地があるとする。牧夫は、経済的利益を求めてできるだけ多くの羊を放そうとする。牧夫と放牧される羊の数が、牧草地の自然回復力以下に保たれている限りにおいては、「共有地」は機能し、牧夫も利益を得ることができ、共有地での社会的安定が保たれる。しかしながら、牧草の自然回復力を上回る数の羊が放たれると、牧草地は徐々に衰え、放牧できる羊の数も減少し、「共有地」の社会的安定が損なわれる。それでもなお、個々の牧夫は自己の利益を最大化しようと行動する。合理的牧夫であればあるほど、一頭でも多くの羊を放牧しようとする。何故なら、一頭の羊の増加による利益はプラス1となるが、過度の放牧による損失は、全ての牧夫により負担されるのでマイナス1の数分の1となる。このため、個の利益を求めて、ほとんどの牧夫が一頭でも多く放牧しようとし、破滅への道を突き進むのである。費用負担など何の制約も無い自由な共有地の利用は、すべての者に破滅をもたらす、というものである。

一方,資源,燃料,水,食料などは,それを使用するのに費用負担を伴い,経済合理性が働く要素があり,「共有地の悲劇」にいたる距離には少し余裕がある。これとても,資源を巡って現在も国際紛争があるのは事実であり,うまく解決できなければ「悲劇」となる。それよりも問題は,経済合理性の働く要素の少ない地球環境である。気候変動枠組条約締約国会議(COP)での議論など,まさしく「共有地の悲劇」に向かって突き進んでいる感がする。地球環境の「共有地の悲劇」を回避するには,①地球環境の利用に関して,枠組・制限を設け経済合理性を導入すること。京都議定書,環境税などがこの方策の一つ。②利用者の制限。良し悪しは別にして,中国の一人っ子政策などがある。③環境をより効率的に利用する技術,共有地の革新的再生技術,革新的保全技術の確立。これには,省エネ,再生可能エネルギーの活用,資源・水のリサイクル技術など。総じて言えば,個人レベルから企業,団体,国まで含めたあらゆる関係者が,社会的,経済的活動に,個よりも全体の利益を尊重し,自らに「環境負荷の低減」の責務があると真剣に認識して活動することが求められる。

「環境」という文字を社名に頂く当社にとって,「環境」の持続・保全・改善に資するべくあらゆる 企業活動を環境負荷の低減に向け,さらに,技術を通じて社会に貢献することが使命であることを再 認識して,水処理,廃棄物処理,エネルギー関係など,当社の主力事業に関してさらなる研究開発活 動を推進したい。

1) ギャレット・ハーディン著「The Tragedy of the Commons」

=講演会抄録=

化学物質の環境内運命と生態毒性

Ecotoxicity and Fate of Chemicals in the Environment



北野 大 Masaru Kitano

明治大学 理工学部 応用化学科 教授



藤原尚美* Naomi Fujiwara

化学物質は、私たちの生活を便利で豊かなものにしている一方で、利用方法を間違えると、ヒトの健康や自然環境に悪影響を及ぼす可能性があることも事実である。今回、北野大先生を当社にお迎えし、有害化学物質の歴史や化学物質の環境へのリスクおよび毒性試験方法などについてご講演頂いた。

Chemical substances make our life convenient and abundant. On the other hand, it is fact that human health and the environment are affected by inappropriate utilization of the chemicals. We invited Dr. Kitano of Meiji University and he lectured us on the history of the harmful chemicals, and the environmental risk or the toxicity test method.

まえがき

明治大学 理工学部 応用化学科の教授であられる北野大先生をお迎えし,ご講演頂いた。北野先生は,経済産業省の化学物質審議会委員 産業構造審議会委員,環境省の中央環境審議会委員,国連環境計画 残留有機汚染物質レビュー委員会委員も兼任されている。また,きれいな水を地球に戻そうとWET**研究懇話会 会長としても,ご尽力されている。今回は「化学物質の環境内運命と生態毒性」という題目でご講演を頂いた。本稿はそのご講演内容の抄録である。

1. 有害化学物質の歴史

・ジクロロジフェニルトリクロロエタン(DDT)は、1874年に独の化学者により合成されたが、殺虫効力を発見したスイスのバウル・ヘルマン・ミューラーが1948年にノーベル賞を受賞した。当時、DDT はダニなどの農業用殺虫剤に活用され、奇跡の薬品と呼ばれた。しかし、散布した殺虫剤は分解されず、ダニ以外の生物に対しても強い毒性があり、生態に影響をあたえることが後に判明した(図1,2)。

1962年にはレイチェル・カーソンによる Silent Spring が出版され、DDT の難分解性、高濃縮の環境内運命の問題が警鐘された。

・ポリ塩化ビフェニル (PCB) は、絶縁性、不燃性 に優れており、電気絶縁油、感熱紙、熱媒体に幅 広く使用されていた。PCB は1929年に米国で工 業化されたが、国内においては1954年に製造が



図1 DDTの歴史

(用途) ダニ, 蚤, 虱などの防疫および農業用殺虫剤 (毒性) 1)LD-50 113 mg/Kg 体重(ラット, 経口) 2)48 LC-50 0.11 ppm(コイ) 3)ADI 0.005 mg/Kg/day 4)ACGIH 1 mg/m³ (環境内運命)

図2 DDTの用途および毒性等

難分解性, 高濃縮性

対象生物以外への強い毒性

(問題点)



図4 PCBの用途および毒性等

開始され、カネクロールと呼ばれた。当時は、PCBのおかげで新幹線が走行するともいわれた。しかし、1968年にカネミ油症事件があり、初めてPCBが人体に影響を及ぼすことが判明した(図3,4)。

- ・ダイオキシンは塩素含有物質が燃焼する際などに 発生する、非意図的な生成物である。ダイオキシンも DDT や PCB と同じく、難分解、高濃縮の環境内運命のため環境への残留性が問題視されている。ダイオキシンとダイオキシン類は区別されており、ポリ塩化ジベンゾーア・ジオキシン(PCDDs)、ポリ塩化ジベンゾフラン(PCDFs)、コプラナーポリ塩化ビフェニル(PCBs)をまとめてダイオキシン類と表現する(図5)。
- ・クロロフルオロカーボン (CFC) は、炭素、フッ素および塩素からなる物質である。冷媒、洗浄剤、発泡剤、噴射剤などとして広く使用されていたが、難分解性、低濃縮性の環境内運命により、大気中に放出されると対流圏ではほとんど分解さ

■ PCBの歴史

1)1929年 米で工業化2)1954年 国内製造開始

3)1966年 鳥類や魚類の中に検出

4)1968年 油症事件

5)1978年 化学物質審査規制法

第1種特定化学物質に指定

明治大学

6)2004年 POPsに指定

(1954年~1972年の国内製造量 59 000トン)

図3 PCBの歴史

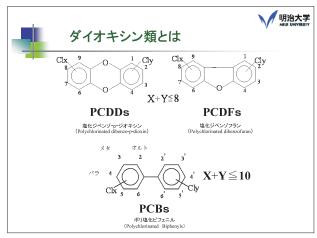


図5 ダイオキシン類とは

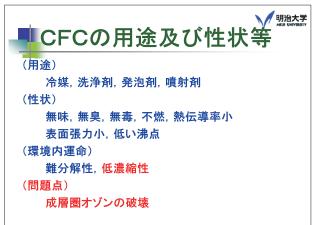


図6 CFC の用途および性状等

れずに成層圏に達する。成層圏において太陽からの強い紫外線で分解され、塩素原子を放出する。この塩素原子が連鎖反応によりオゾンを分解し、オゾン層が破壊された(図6)。

・これら難分解性物質は環境に排出されてから数十 年の長時間を経て、人体や環境への悪影響が明ら かとなった。問題が起こった後にこれらの物質を 規制するため、農薬取締法、化学物質審査規制法 (化審法)等の法律改正が行われた(図7)。

2. 環境リスク

- ・環境リスクとは、人の活動によって環境に加えられる影響への負荷が環境中の経路を通じ、ある条件の下で人の健康や生態系に影響を及ぼす可能性を示す概念である。この対象は、人の健康への望ましくない影響の「健康に関するリスク」と、生態系への望ましくない影響の「生態系に関するリスク」である(図8)。
- ・これらのリスクはリスクの特定, 暴露アセスメント, ハザードアセスメント, リスクの判定の4ステップで評価される(図9)。
- ・暴露アセスメントは、人や水生生物が化学物質を どのような経路でどのくらい摂取するかを毒の種 類ではなく量で評価する。また、人が化学物質に 暴露される経路としては、吸入暴露、経口暴露 (飲料水+食物) および経皮暴露を主要な経路と

考え、環境中の環境内運命データ(分解性、濃縮性)と、暴露シナリオに必要な摂取データ、生活パターンデータなどに基づき暴露量を推定する(図10)。

- ・暴露に関するデータはいろいろあるが、環境内での分解性や濃縮性を予測するには対象物質の物理化学的性状を把握することが重要である。ラボレベルで物質の構造的な特徴や生態に対する毒性、生分解性を、化学物質の同定、純度および環境分布、引続き実施される安全試験、スクリーニング試験、定量的構造活性相関(QSAR)の5つの視点から予測することができる(図11)。
- ・環境中に放出された化学物質は、主に微生物による生物学的な反応による分解を受け、二酸化炭素や水などの無機化合物に変換されるが、生分解性が低いと環境中に蓄積されるおそれがある。このため、易生分解試験、本格的生分解試験、シミュレーション試験の生分解性試験を組立て、生物学的な化学物質の分解性を調べる(図12、13、14、

■ 取られた対策

- 1)農薬取締法の改正
- 2)化学物質審査規制法の制定
- 3)ダイオキシン類対策特別措置法の制定
- 4)オゾン層保護法の制定

図7 取られた対策

明治大学 WELL UNIVERSITY

環境リスク

明治大学 MEUI UNIVERSITY

明治大学

人の活動によって環境に加えられる影響への負荷 が環境中の経路を通じ、ある条件の下で人の健康や 生態系に影響を及ぼす可能性を示す概念

1)健康に関する環境リスク 人の健康への望ましくない影響 2)生態系に関する環境リスク 生態系への望ましくない影響

図8 環境リスク

リスクアセスメントの4ステップ

1)リスクの特定

対象の化学物質とその報告されたハザード。環境中での存在状態と影響を受ける人や環境生物

2)暴露アセスメント

各種媒体(大気, 水質, 土壌, 食物)中での存在形態と存在量 Estimated human exposure, predicted environmental concentration

3) ハザードアセスメント 用量-----作用関係の確立

物質の量(体内への取り込み量、環境中の濃度)と影響の大きさ

4)リスクの判定

上記2)と3)からの判定。

図9 リスクアセスメントの4ステップ

暴露に関係するデータ

1)環境中への排出評価に必要なデータ

製造・使用・消費データ(製造量、輸出量、輸入量、用途ごとの使用量) 排出データ(排出源と排出量)

2)環境中濃度の評価に必要なデータ 物化データ(環境分布)、環境内運命データ(分解性、濃縮性) 気象データ(降水量、風速など)、地理データ(標高など) 社会データ(人口、工業統計)

3) 暴露シナリオ設定に必要なデータ 摂取量データ(摂取量, 生物学的利用性) 生活パターンデータ

図10 暴露に関するデータ

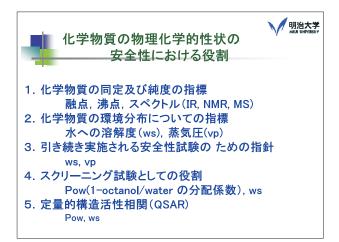


図11 化学物質の物理化学的性状の安全性における役割

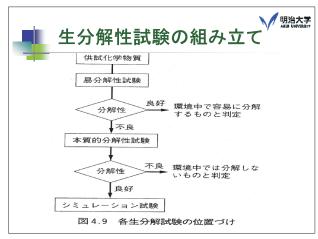


図12 生分解性試験の組立て

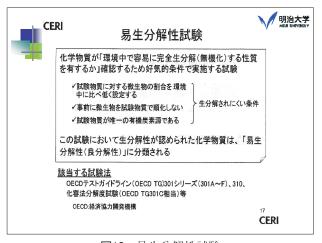


図13 易生分解性試験

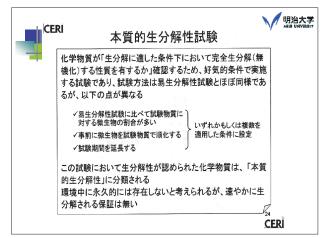


図14 本質的生分解性試験

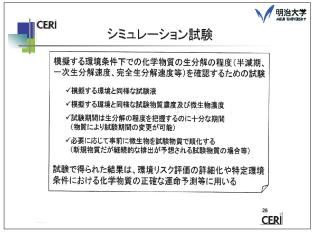


図15 シミュレーション試験

結果の判定(化学物質審査規制法) 良分解性(次の2つを満足すること) 1)3つの試験容器のうち2つ以上でBODによる分解度が60%以上で,かつ3つの平均値が60%以上。 2)分解生成物が存在していないこと。

図16 結果の判定(化学物質審査規制法)

15)。化審法における試験結果判定基準では, BOD の分解度が60 %以上,かつ分解生成物が存在しないことを良分解性としている(図16)。

・生物濃縮とは、水を媒体とする暴露により、生物

体内へ物質をとりこみ・生物体内に蓄積および 排泄からなる相対的な結果を意味する。この生物 濃縮は、Bioconcentration、Biomagnification、Bioaccumulationの3つの定義からなり、化学物質は 生態系での食物連鎖等を経て生物体内に濃縮され る (図17)。

・生物濃縮係数 (BCF) は、一定の期間水生生物が 化学物質の暴露を受けたときの生物体内の濃度を 水中の濃度で除した値であり、この数値が大きい ほど生物体内に濃縮され易い。生物濃縮係数は化

Definition of bioaccumulation (生物濃縮の定義)

- 1)Bioconcentration
- ---direct bioaccumulation from the ambient medium
- --- the increase in concentration of a test compound in or on a test organism relative to the concentration of test compound in the ambient water
- 2)Biomagnification
- ---indirect bioaccumulation via the food chain
- 3)Bioaccumulation

図17 生物濃縮の定義

Bioconcentration factor(BCF) (2)accelerated approach dCf/dt=k1Cw - k2Cf if Cw is constant Cf=k1/k2 X Cw(1-e-k2t) when steady-state is approached, t is ∞ Cf=k1/k2 X Cw BCF=Cf/Cw=k1/k2 k1= uptake rate constant(取り込み速度定数) k2= depuration rate constant(排泄速度定数)

図18 生物濃縮係数 (BCF)

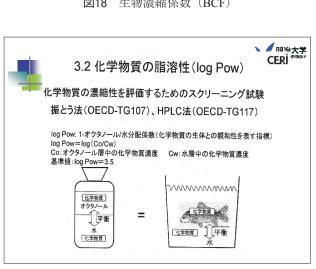


図20 化学物質の脂溶性(log Pow)

学物質の生体への取込み速度と排泄速度の比とし てもあらわされる。この結果の評価と判定では. 高濃縮の場合は BCF が5 000倍以上, 高濃縮では ない場合はBCFが1000倍未満である。また, BCF が1 000倍以上5 000倍未満の間については. 排泄性、部位別濃縮性データなどから判断する。 化学物質の濃縮性の評価指標には BCF 以外に化 学物質の脂溶性を表す log Pow がある。log Pow を求める試験では特性が脂質と類似している1-オクタノールが使用される。log Pow の実測値 0 ~6の間で、log Pow と BCF は高い相関性があ る (図18, 19, 20, 21)。

3. 毒性試験

・毒性とは、化学物質が有している作用のうち、生 態を致死させるような作用、器官・組織の形態ま たは機能に異常をきたすような作用をいう。毒性 試験の目的は、人の健康への影響および環境生物 への影響を評価することにあるが、この毒性が、 構造と機能によって特徴づけられる生態系におい

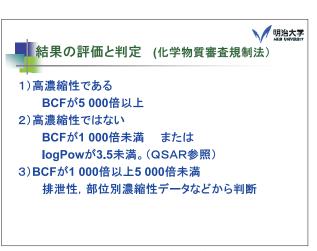


図19 結果の判定と評価法

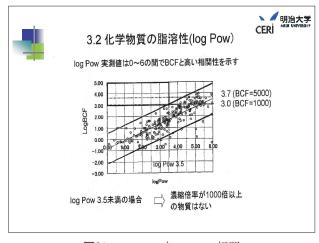


図21 log Pow と BOF の相関



毒性試験の目的

- 1)人の健康への影響の評価 哺乳類動物を用いた毒性試験 微生物や培養細胞を用いた試験
- 2)環境生物への影響評価 環境生物を用いる生態毒性試験 個体への影響よりも生物群への影響を見る

図22 毒性試験の目的



明治大学

明治大学

急性及び長期毒性試験の比較

	急性毒性試験	長期毒性試験
試験コスト	低	高
試験系の規 模	小	大(連数多い, 占有場所大)
試験濃度	急性毒性試験 > 長期毒	性試験 (濃度分析の難易度大)
エンドポイン ト	LC50, EC50(ECr50, EC50) 無影響濃度(NOEC)	最小影響濃度(LOEC) 無影響濃度(NOEC)
影響指標	死亡,遊泳阻害,生長阻害	死亡, 毒性症状, 遊泳阻害, 成長, ふ化率, 羽化率, 産仔数,
化学物質の リスク評価 への利用	得られる結果は主にLC50, EC50であり、化学物質の 有害性に関するスクリーニ ング試験の意味合いが強 い	長期間暴露からの無影響濃度 (NOEC)は、化学物質の有害性を評価する上で重要であり、 高次段階のリスク評価に用いられる

図24 急性および長期毒性試験の比較

明治大学 用語の解説 日本での呼 主な算出方法 略 意 LOFC Lowest Observed 最小影響濃 各影響指標に関し、多重検定等の統計 手法を用い、対照群のデータと比較し、 有意な 影響が認められた濃度区 Effect Concentration 多重検定等の統計手法により決定した LOECのすぐ下の濃度 No Observed Effect Concentration NOEC 無影響濃度 LC50 50 % Lethal Concentratio 半数致死濃 得られた濃度と反応数の関係から 作図 あるいは以下の手法により算出 ·Probit 法 50 % Effect EC50 半数影響濃 Binomial 法 ·Moving average 法 面積法、速度法(藻類) 日本環境素性学会 編「生能影響試験ハンドブック」、朝倉書店(2003)、301~313ページより抜粋

図26 毒性試験の用語の解説

て、どのような影響をあたえるのかを、ラボ実験 にて生物を用いて調べることが毒性試験である (図22)。

・生態毒性試験としては、藻類生長阻害試験、ミジンコ遊泳阻害試験、繁殖試験、魚類急性毒性などが挙げられる。毒性試験では生死、成長、繁殖、 挙動の4つのエンドポイントがあるが、魚類急性

生態毒性試験

--- OECDでの考え方

1)基礎レベル(食物連鎖上異なるレベルの3生物) ミジンコ遊泳阻害試験,繁殖試験 魚類急性毒性試験 藻類成長阻害試験

Ⅱ)発展レベル

基礎レベルの生物での試験期間の延長 基礎レベルの生物での異なった成長段階での試験 (例 early life stage) 基礎レベル以外の生物(鳥, ミミズなど)での試験

図23 生物毒性試験(OECDでの考え方)

明治大学

明治大学

■生態毒性試験における4つのエンドポイント

生死(death)

成長(growth)

繁殖(reproduction)

拳動(behavior)

(なぜ、挙動がエンドポイントに含まれるのか)

図25 生体毒性試験における4つのエンドポイント

明治大学

試験結果の判定 (化学物質審査規制法)

- 1)生態毒性あり(第3種監視化学物質の指定) 前記3種の生態毒性試験の結果から得られ る半数致死(LC50)又は半数影響(EC50) 濃度の最小値が1 mg/l 以下である場合
- 2)生態毒性なし

上記の値の最小値が10 mg/l 超のときは第 3種監視化学物質とはしない

図27 試験結果の判定(化学物質審査規制法)

毒性試験は生死を、藻類生長阻害試験は成長を、ミジンコ遊泳阻害試験、繁殖試験は挙動と繁殖のエンドポイントを見る。生態系生物への状態を把握するために挙動を見ることも試験において重要である。生態環境への影響は、3種類の生態毒性試験で得られた毒性の結果にて判定する(図23、24、25、26、27)。



図28 優良試験所基準 (GLP)

・試験結果等に関する基準への適合性確認,試験成績の信頼性確保などを目的とした優良試験所基準(GLP)制度がある。GLP組織は,信頼性保証部門,試験実施部門,施設機器管理部門,試資料管理部門で構成され,運営管理者が試験の流れの全体を確認する。これは,人は間違いを起こすものであることを念頭においているためである(図28)。

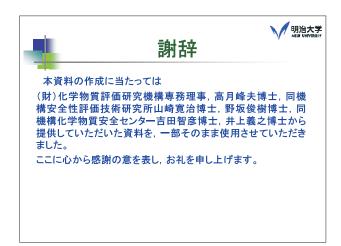


図29 謝辞

·謝辞(図29)

むすび

化学物質が環境内でどのように変化し生態に影響をあたえるのか,また,毒性を調べる必要性と,試験方法の信頼性確保について,有害物質の歴史をもとに紹介して頂いた。

^{*}商品市場・技術開発センター 水・汚泥技術開発部 水処理室 **全排水毒性 Whole Effluent Toxicity

=講演会抄録=

生物応答を利用した新しい排水管理手法

New Wastewater Management System Using Bioassay



(独) 国立環境研究所 環境リスク研究センター 環境リスク研究推進室 主任研究員



藤原尚美* Naomi Fujiwara

近年、環境中に排出された多種多様な化学物質が、複合的に水生生物に悪影響をおよぼすことが 懸念されている。私たちの身の回りで使用されている化学物質は数万種とも言われているが、環境 中に排出される化学物質は、ごく一部しか規制、管理されていない。総合的な影響と多種多様の化 学物質が混ざり合った複合影響を調べるためには、生物応答(バイオアッセイ)技術が有効である。 この技術を排水に応用した WET(Whole Effluent Toxicity)研究の日本における第一人者であられ る鑪迫典久先生をお迎えし、ご講演頂いた。

It has been concerned that the chemicals discharged in the environment affect the aquatic organisms in complex. Several tens of thousands of chemicals are used in our daily life. However, few chemicals have been regulated and managed. In order to investigate combined effects of mixed various chemicals, a bioassay technology is effective. We invited Dr. Tatarazako of National Institute for Environmental Studies and he lectured us on the WET system.

まえがき

(独) 国立環境研究所 環境リスク研究センター環境リスク研究推進室の主任研究員であられる鑪迫先生は、東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻の客員教授も兼任されている。また、今後の水環境保全の在り方を検討する国の各種委員会の委員を務められ、日本の水環境保全にご尽力されておられる。

今回は「生物応答を利用した新しい排水管理手法」という題目でご講演を頂いた。

1. 生物応答を用いた管理手法を導入する 理由と法律

・自然界に生息する生物の反応を用いて、私たちが環境中に排出している水に含まれる化学物質の影響を総体的に評価する手法がバイオアッセイ(WET)である。このWETは、"きれいな水を地球に返す"ための"ものさし"として、有効な環境評価ツールになると考えている(図1)。

WETの基本概念・・・・・・ されいな水を地球に返す

図1 WET の基本概念

・わが国の排水規制は、高度経済成長期におけるさまざまな公害問題を経て旧水質2法(水質保全法・工場排水規制法)に始まり、1970年に制定された水質汚濁防止法を柱に運用されてきた。

現在、水質環境基準として健康項目26種および生活環境項目10項目、排水規制として健康項目27物質および生活環境項目15項目の設定となっている(図2)。しかし、排水中には多種多様な化学物質が含まれており、個別の化学物質の環境生物に対する影響(毒性)情報があっても、混合物としてその影響を予測することは非常に困難である。欧米では排水全体の生物影響を評価することで、潜在的な環境生物に対する複合影響を含めた毒性情報を得る手段としてバイオアッセイが利用されている(図3)。

・バイオアッセイによる排水管理は、海外ではすでに多く取入れられており、実用化も進んでいる。 米国の WET は1995年から運用開始されている手法で、日本では数年前から環境省と国立環境研究所が中心となって検討調査し、"日本版 WET"の導入を目指している(図4)。

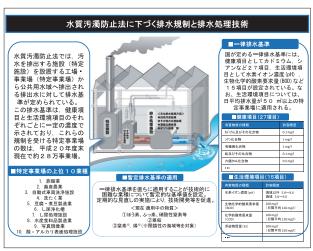


図2 水質汚濁防止法に基づく排水規制と排水処理技

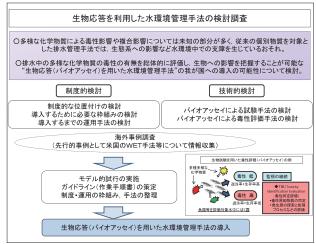


図4 生物応答を利用した水環境管理法の検討調査

2. 生物応答を用いた管理手法の概要と海 外の例

- ・生物応答を用いた排水管理は、前述のように海外が先行している。米国、カナダでは、1990年代には生物応答による排水管理が法律化された。その他、名称は異なるものの、図5に示すようにドイツ、フランス、オランダ、スウェーデン、フィンランド、英国などのヨーロッパ諸国でも同様の手法が用いられて実施されている。
- ・韓国の水環境行政は、2006年に水質管理から水質保存(水生態保存)に法律上の転換があり、排出基準項目の中に生物影響がないことを満足する「TU(Toxicity Units)」の指標が盛込まれた。管理対象施設は、排水を排出する82業種の施設のうち有害排水を排出する35業種の施設、および公営の排水処理場であり、それぞれ年に4~12回の頻度でWET試験が実施される(図6)。試験費用は個別事業所と排水処理場は事業者が負担、下水処理場は国が負担することになっている。

なぜWET試験を化学物質規制に 追加する必要があるのか?

化学物質分析:特定の化学物質の量を決定する WET試験:被験溶液中の総和的な影響を決定する

- 非毒性物質は他の物質と併用する場合,毒性影響をもたらす可能性がある(相乗作用)
- 通常は予測されない化学反応において新たな物質が形成される可能性がある
- 排水サンプルを構成するすべての物質を把握することは不可能であると思われる
- 混合物評価の橋渡しとして機能する
- わかりやすく市民への説明。企業の社会責任。

図3 化学物質規制への WET 試験追加必要性

様々な国の排水生物試験の名前

- *国…・WET(Whole Effluent Toxicity)
- ・カナダ…Effluent toxicity test
 EEM(Environmental Effect Monitoring)
 SLAP(The St. Lawrence Action Plan)
- 英国、オーストラリア・・DAT(Direct Toxicity Assessment)
- ∃—□•/パ(Oslo and Paris Commission)···WEA(Whole Effluent Assessment)
- ・ドイツ…ICE (Integrating Controlling of Effluent)
- ・オランダ…WEER(Whole effluent Environmental Risk)
- · 韓国···WET

図5 様々な国の排水生物試験の名前

韓国WET導入の経緯概要

- 2006年に水質管理の法律から水質保存(水生態保存)の法律に 変更。
- その法律の排出基準項目の中に「生物影響がないことを満足する。TU≦1」の記載あり。
 - TU≦1;ミジンコ急性毒性試験 (24時間)を用いて,排水100%で EC50を示さないこと
- ・ 法律を遵守する手法として、WETが最も効率的・経済的だった。
- ・ 対象と頻度
 - ①個別事業所, 年4回 (Output) 2 300か所, 41億won
 - ②排水処理場, 年12回 (input+output) 1 2 0 か所, 13億won
 - ③下水処理場, 年12回(input+output) 1 4 5 か所, 16億won
- ・ 法律なので、費用は事業所負担(下水は国), 25機関で分析

図6 韓国 WET 導入の経緯概要

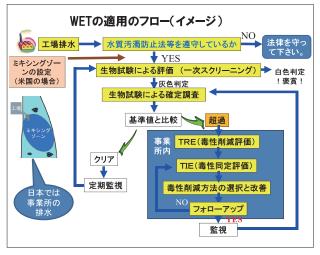


図8 WET の適用のフロー (イメージ)

3. 生物応答を用いた管理手法のありかた

- ・WET とよく間違えられるのは、工場排水を水槽に通し、金魚やコイが生きているか死んでいるか、あるいは行動異常があるかどうかというものである。これは、いわゆる生物のモニタリングであり、その影響が一過性か否かの区別には長期間の調査が必要で、原因追究から解決には長時間を要する。WET はこれと異なり、定期健康診断に近い概念である。すなわち、われわれ人間が定期的に健康診断を受け、何かの項目で引っかかった場合は自費で再検査を受け、それでも異常がある場合は入院・治療を行い、予後観察するのと同じである。WET は排水による水生生物への影響を、確立した数値によって見出し、早期発見、早期治療に結び付けようとするものである(図7)。
- ・WET 試験の考え方は、まず工場のキャラクタリゼーションを行い、現行排水基準を満たしているかの判断をする。満たしていない場合は現行法令での措置を行い、満たしている場合のプラスアル

WETについて

- 排水管理のモニタリング(常時監視)ではなく、 排水の健全性を評価する 健康・病気の判定
- 排水が環境に与えるインパクトを数値化し、環境に出た場合のリスクを予知する。検査による病気の予防量

事業所の定期健康診断

WETの利用法

- 事業所の自主管理として、排水の環境影響を<mark>数値化</mark>(見える化)できるので、目標値の設定ができる。
- 市民に対するリスク説明、またはリスク回避が可能。
- ■生態系に悪影響を与える物質(排水)を出さないという社会意識、 倫理の明確・実現化(嫌なものは水に流す、はダメ)。

図7 WET について

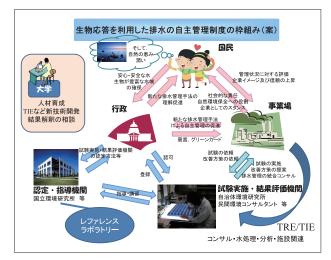


図9 生物応答を利用した排水の自主管理制度の枠組み(案)

ファとして WET 試験を行う。WET 試験法は確 立されており、その結果は統計的に数値化でき る。数値化の基本的な指標はTUであり、その排 水を何倍に薄めたら供試生物に影響 (NOEC: No Observed Effect Concentration) しない濃度になる か、という指標などで評価される。TU 数値は小 さいほどよく. どこまでが OK であるかという線 引きについては、排水基準と環境基準の関係と同 じ10倍を目安にしている。WET 試験で一定の基 準を超過した場合は毒性削減評価(TRE: Toxicity Reduction Evaluation) および毒性同定評 価(TIE:Toxicity Identification Evaluation)へと 進み、毒性物質に対する改善処置を行う(図8)。 ・WETの法制化に関しては現時点では環境省の 「生物応答を利用した水環境管理手法検討調査」 の委員会での検討が継続されているが、未だその 中での決定事項はない。そのため、以下の内容は 個人的な意見であるので, その点を理解してお読 みいただきたい。最初に、米国のNPDES**の 認可に相当する部分や,バイオアッセイの技術の標準化や高度化を担う機関が必要である。図9に示すように前者については国・地方自治体などのいずれの行政機関が,後者については国立環境研究所などが役割を果たすことが期待される。実際,国立環境研究所では,リファレンスラボが創設され,2011年10月,2012年6月に実際の試験を実施することが望まれる地方環境研究所職員や民間のコンサルタントなどを対象に試験法の実習セミナーを開催した。

4. 生物応答を用いた管理手法で用いられる生物試験法

- ・生物応答を用いて排水を評価するために,繁殖や 初期発達など亜慢性ないし慢性的な試験を重視し 実施する。この内容は,その種の個体群維持,ひ いては生態系の維持に寄与するといえる。このた め日本版 WET では魚類,甲殻類,藻類といった 3種の異なる生理作用を持つ代表的な水生生物で の試験を検討している(図10)。
- ・魚類胚仔魚短期毒性試験は、水系生態系の最上位 である魚類の Danio rerio (ゼブラフィッシュ)

慢性影響を評価するための排水の

代表的な短期バイオアッセイ						
魚類胚・仔魚期 短期毒性試験			ミジンコ類 繁殖試験	藻類 生長阻害試験		
供試生物	種名	ゼブラフィシュ (Danio rerio) ヒメダカ (Oryzias latipes)	ニセネコゼミジンコ (Ceriodaphnia dubia)	标集 (Pseudokirchneriella subcapitata)		
	使用齡	受精後4時間の受精卵	24時間齢未満の雌	指数増殖期の細胞		
	使用数	4連/濃度区,15卵/連	10連/濃度区、1頭/連	3連/濃度区,5000 cells/mL		
エンド	ポイント	胚発生、孵化、生存	生存と繁殖	生長(細胞数,増殖速度)		
試験温	1度. 光	25±1℃, 明暗光	25±1℃,明暗光	25±1℃,連続光		
暴露	8方法	半止水式	半止水式	止水式		
暴露期間		9日間 (D.rerioの場合)	8日間	72時間		
試験濃度		5濃度区+対	照区(例:対照区, 5, 10, 20,	. 40, 80%)		
水換え		隔日 (50 mL)	隔日 (30 mL)	無(100 mL)		
参照 ガイドライン		OECDテストガイドライン212 EPA -600-4-91-022 Test method number 1002	Envronment Canada EPS1/RM/21 EPA -600-4-91-022 Test method number 1002	OECDテストガイドライン201 EPA -600-4-91-022 Test method number 1003		

図10 慢性影響を評価するための排水の代表的な短期バイオアッセイ

藻類生長阻害試験

- 概要:植物プランクトンである緑藻類の細胞増殖にあたえる影響を調べる。光合成阻害、細胞壁合成阻害、細胞分裂阻害などの影響を検出。結果の再現性が高い。
- 供試生物: Psuedokirchneriella subcapitata (和名:ムレミカヅキモ)
- エンドポイント:対数増殖期にある藻類を、種々の濃度の試験物質に暴露し、各暴露濃度区の細胞増殖数を試験開始から72時間後まで24時間とに測定し、対照区と比較して増殖速度が50%阻害した濃度(EC50)および無作用影響濃度(MOEC)等を求める。



図12 藻類成長阻害試験

を用い、毒性に対する感受性が高いと考えられる 卵、孵化および仔稚魚を試験物質に9日間暴露し て、孵化率、稚魚死亡率等から排水の影響を評価 する(図11)。

- ・藻類成長阻害試験は、生態系の最下層の位置付けである藻類の Psuedokirchnerirlla subcapitata (ムレミカズキモ)を用いて、細胞増殖に与える影響を調べる試験である。光合成阻害、細胞壁合成阻害、細胞分裂阻害などを検出するが、試験結果の再現性は高い。増殖期の藻類を種々の濃度の排水に暴露して72時間までの増え方をカウントして排水の影響を評価する(図12)。
- ・ミジンコは生態系の植物プランクトンの捕食者, 魚の被捕食者として生産量のバランス調整を担っ ている。化学物質に対する感受性が比較的高く, 環境毒性評価に使用される。ミジンコ類繁殖試験 では、Ceriodaphnia dubia(ニセネコゼミジンコ) という比較的小さいミジンコが用いられ、産仔に 対する影響を調べる。ニセネコゼミジンコは、ラ イフサイクルが短いので試験期間が短くでき、排 水の変質を防ぐという意味でもメリットがある (図13)。

魚類胚仔魚短期毒性試験 (OECD TG212)

• 概要:水系生態系の中で最上位にいる魚類を用い、毒性に対す る感受性が高いと考えられている卵、孵化および仔稚魚を試験 物質に暴露して、その影響を調べる。

- ・使用魚: Danio rerio (ゼブラフィッシュ)
- ゼブラフィッシュの受精後4時間以内の卵から曝露開始。発生, 孵化および仔魚期を含む10日間観察
- ・ エンドポイント: 孵化率, 稚魚の死亡率, 奇形発生率
- ・ 半止水試験(24時間ごとに水を交換)



図11 魚類胚仔魚短期毒性試験

ミジンコ類繁殖試験

- 概要:ミジンコは生態系の植物プランクトンの捕食者, 魚の被捕食者として, 生物量のバランス調節を担っている。化学物質に対する感受性が比較的高く, 環境毒性評価に使用される。
- 供試生物: Ceriodaphnia dubia

(和名:ニセネコゼミジンコ)

■ エンドポイント:生後24時間以内の ceriodaphnia dubiaを用い、種々の濃度の 試験物質に暴露し、7日間(+1日)にわた り毎日観察、給餌、換水および産仔幼体の 計測を行う。各濃度試験液中の7(+1)日 目の合計産仔数と対照区の合計産仔数につ いて統計的有意差を求める。



Ceriodaphnia dubia

■ 半止水試験 (24時間ごとに水を交換)

図13 ミジンコ繁殖試験

- ・国立環境研究所環境リスク研究センターで実施した工場排水の WET 試験結果を図14, 15に示す。 図14はミジンコ類繁殖試験結果の一例であるが、排水量の比率が大きい(希釈倍率小)ほど産仔数が少なくなっている。図15は4種生物を用いて12事業所の排水を試験した結果であるが、TOC 濃度と毒性(TU値)には相関関係がないことを示している。また、事業所によって影響を示す生物試験とその強度は異なっており、WET 試験結果が排水のキャラクターを示していることがわかる。
- ・3種類の重複具合を図16に示した。3種類のバイオアッセイすべてに反応したのは1事業所しかなく、排水中の成分構成の違いが影響を与える生物の違いに現れていると考えられる。
- ・米国では、WET 試験を導入して排水の判断基準 を設定した場合、基準を超過する排水はその毒性 の低減が義務付けられている。このため一連の手 順が EPA***によって TRE として定式化されて

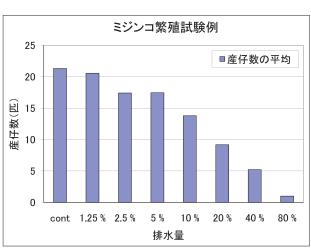


図14 ミジンコ繁殖試験例

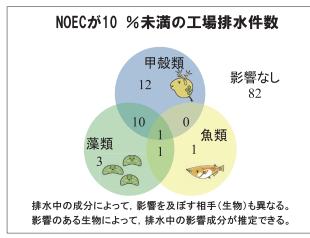


図16 NOEC が10 %未満の工場排水件数

いる(図17)。TREとは、「排水毒性の原因の特定、発生源の分離、毒性制御代替法の効率評価、排水毒性の削減効果の確認を目的として段階的に実施される発生源を対象とした一連の調査」と定義される。TREの実施手順に関する EPA 指針では、水質ならびに施設に関するデータを収集する。次の段階では、現行の運転管理法、使用化学物質、処理施設を評価し、これらの改善・変更による排水毒性の削減効果を検討する。たとえば、どういうときにサンプリングをしたのか、バルブが空いていたりしなかったか、たまたまコンタミがあったり、洗浄中ではなかったかなど、人的に説明できる原因を探すことであり、これにより改善されればそれで OK となる。それでも排水毒性が削減されない場合に、さらに TIE に進み、ここ

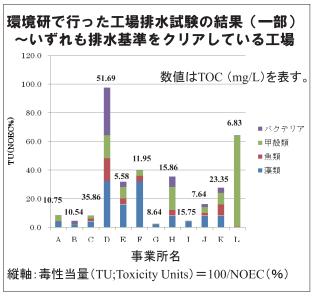


図15 環境研で行った工場排水試験の結果(一部)

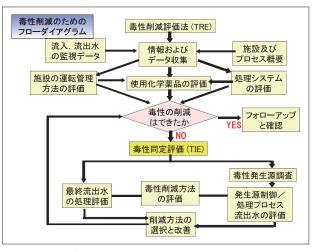


図17 毒性削減のためのフローダイアグラム

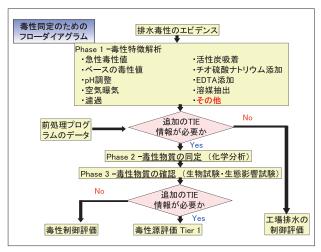


図18 毒性同定のためのフローダイアグラム

からさらに毒性原因物質群を特定するアプローチ と、毒性処理アプローチのどちらかに進む。

- ・TIE とは、排水毒性の原因物質(群)を探索する 一連の手順であり、図18に示すように、米国の WET では、3つのフェーズで構成されている。 第1フェーズでは、どのような物理的・化学的特 性を有する物質(群)が排水毒性に寄与している かを解析する。具体的には、未処理の排水試料と 物理的・化学的操作を行った排水試料の両者につ いて WET 試験を実施する。第2フェーズでは、 第1フェーズで推定された毒性物質(群)の分析 を行う。毒性試験を用いながら毒性物質の含まれ る画分を分離、濃縮し、最終的にはクロマトグラ フィー.原子吸光光度計などにより原因物質(群) と推定される物質の濃度を測定する。第3フェー ズでは、推定された毒性物質が実際に排水毒性に 寄与しているかどうかを確認する。毒性物質濃度 と毒性強度の相関、供試生物種の毒性物質に対す る感受性の相違、添加実験、物質収支などを利用 する。
- ・近年,企業の社会責任(CSR)が強く叫ばれている。このため、事業所の自主管理ツールとして、WETをCSR活動の一環として用いることにより、企業価値(ブランド力、信頼など)の創造などに活用できる(図19)。
- ·「生物は嘘をつかない」。WET はヒトの健康や生



図19 東洋インキグループの取組みの公表



図20 WET 試験の意義

活環境の"安全"を担保にするものではないが、 水生生物が保全される水環境をつくることによって、"安心"の指標を提供できるのである(図20)。

むすび

日本においてのバイオアッセイは「安い、早い、誰でもできる」というイメージがあるが、決してそうではなく、厳密に試験を行えば繰返しの再現性も高く、結果の信用性も高い。そしてバイオアッセイは、機器分析の代替法ではなく、機器分析では得られない情報を得ることができる独立した手法である。WET の導入を通じて機器分析とバイオアッセイのお互いの理解が進むことを期待する。

^{*(}MTC)分析試験室 **米国汚濁物質防止削減制度(プログラム)National Pollutant Discharge Elimination System

^{***}米国の環境保護政策を主管する独立行政機構 Environmental Protection Agency

放射性物質に汚染された土壌の除染・減容化技術

Decontamination and Volume Reduction Process for Radiation Contaminated Soil



竹田尚弘* Naohiro Takeda



村上吉明* Yoshiaki Murakami



石井 豊* Yutaka Ishii



井出昇明* Shoaki Ide

福島第一原発事故により環境中に放射性セシウムが放出され、汚染された土壌が大量に発生している。当社では過去に PCB 汚染土壌の還元加熱による浄化技術を開発しており、同技術をベースに放射性セシウム汚染土壌の除染・減容化プロセスを検討した。その結果、汚染土壌に効果の異なる二種類の添加剤を混合し、1000℃にて30分以上加熱することにより、放射性セシウムを90%以上揮発除去し、除去土壌を大幅に減容化できることを見いだした。

In the cause of a lot of radioactive cesium fallen out into the environment by the accident happened at Fukushima Daiichi nuclear power plant in March 2011, a large amount of contaminated soil has been generated. The process of the decontamination and volume reduction for the radiation contaminated soil was developed based on a detoxicitation process for Polychlorinated Biphenyl (PCB) contaminated soil system by thermal treatment under reductive atmosphere. As a result, it became clear that it was possible to decontaminate more than 90% of radioactive cesium from the contaminated soil and reduce the volume of the original contaminated soil by adding two types of chemical agents under the heating conditions of 1000% and more than 30% minutes.

Key Words:

放射性セシウム Radioactive cesium 汚 染 土 壌 Contaminated soil 加 熱 処 理 Heating treatment 減 容 化 Volume reduction

【セールスポイント】

既存技術と比べて比較的低温での処理であるため、加熱処理後土壌に後処理を施すことにより 農地還元もしくは通常の産業廃棄物処理が可能である。

土壌から放射性セシウムを効率的に除去し、濃縮することにより、汚染土壌の大幅な減容化が可能であり、実用化できれば課題となっている除去土壌の仮置きや保管の問題を解決できる。

まえがき

2011年3月11日に発生した東日本大震災にともなう東京電力福島第一原子力発電所での事故により、大量の放射性セシウム(Cs-134, Cs-137)および放射性よう素(I-131)が発電所の周辺環境に放出された。これらの放射性物質は周辺地域に降下し、一部は自然の物質循環系にのって拡散し、原発周辺の森林、土壌、水の各環境を広範囲に汚染した。

これらの放射性物質のうち、放射性よう素は半減期が約8日であるため現在はほとんど存在しておらず、主要な汚染物質はセシウム134(半減期約2年)とセシウム137(半減期約30年)となっている。

図1に2012年6月28日時点での福島第一原子力発 電所周辺の空間放射線量率分布を示す。

国は、2011年8月に、「放射性物質汚染対処特措法」を制定、2012年1月より施行し、除染を進めて

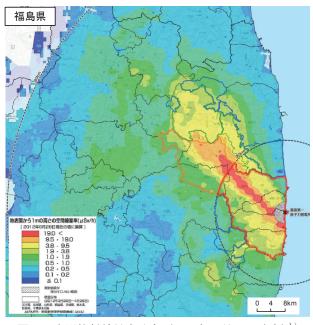


図1 空間放射線量率分布 (2012年6月28日時点)¹⁾

きた。これらの除染は、主に建築物の高圧洗浄や表 土剥離などによる居住地の空間線量率を低減するこ とを目的に実施されており、これにともない生じる 除去土壌および廃棄物(以下除去土壌等)は仮置き もしくは仮保管されている状況である。

今後発生する除去土壌等も含め仮置き場の除去土壌等は、将来的には中間貯蔵施設へ運び込まれ30年間にわたり管理・保管される計画となっているが、その量は福島県だけで1500~2800万 m³とも見積もられ、減容化技術の開発が急務となっている。

本開発では、当社の保有する還元加熱 (RH-SP) 法に基づく土壌の加熱処理技術²⁾ をベースに、上記除去土壌中の放射性セシウムの除染・減容化のための基本プロセスの確立を目的に、除去土壌の加熱処理によるセシウム除去率に及ぼす添加剤の量、加熱温度、加熱時間の影響を調べた。プロセスの概要と各種試験結果について報告する。

1. 処理プロセスの概要と特徴

図2に汚染土壌の処理プロセスの概念フローを示す。本プロセスは(1)分級工程,(2)添加剤混合工程,(3)加熱処理工程,そして(4)粉じん処理工程の4つの工程から成り立っている。

分級工程では、湿式分級により粒径の大きい礫・砂成分を分別し、同時にこれらに付着した粘土・シルト成分を洗浄・除去する。セシウムは、これらの粒径の小さい成分に吸着・固定されているため、分別・洗浄することで粗い粒子を除染することができる。

添加剤混合工程では、分級後の細かい粒子土壌 (高濃度汚染土壌) に、セシウムを土壌から脱着させる脱着促進剤(添加剤 A)と脱着したセシウムを 揮発させる揮発補助剤(添加剤 B)の2種類の添加 剤を混合する。

加熱処理工程では、添加剤混合土壌を1000℃で

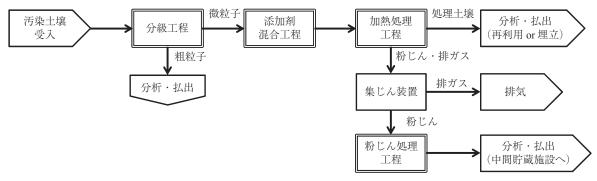


図2 汚染土壌の処理プロセスの概念フロー

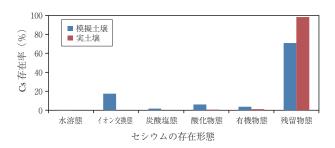


図3 模擬土壌中の安定性セシウムの存在形態

加熱処理を行う。本来セシウムの水酸化物は比較的揮発しやすく単体であれば800℃でほぼ揮発するが、実際には土壌中に吸着されており、加熱中にまわりの成分と化合し安定化するために、通常1000℃では揮発しない。ところが、添加剤を混合することで、土壌が溶融する温度域(>1200℃)より低温にてセシウムを揮発除去することが可能である。

粉じん処理工程では、排ガスとともに揮発したセシウムを集じん装置により粉じんとして回収し、高濃度汚染物として仮置き場や中間貯蔵施設で保管される。

本処理技術の特徴は、以下のとおりである。

- ① 加熱処理済みの土壌は、比較的低温域で加熱処理されたものであるため、後処理を施した上で農地還元、もしくは通常の産業廃棄物処理が可能である。
- ② セシウムは、粉じん中に濃縮されることにより、元の汚染土壌量と比較して大幅な減容化が可能となり、仮置き場や中間貯蔵施設への搬入量を減らすことが可能である。

本処理プロセスを構築するにあたり, 中核プロセスである土壌から放射性セシウムを揮発除去させるための加熱処理工程について検討した。

2. 安定性セシウムを使用した模擬試験

実汚染土壌での加熱試験に先立ち,放射線を発生しない安定性セシウム(Cs-133)を使用した模擬土壌によるラボ試験を実施した。

2.1 試験方法

模擬土壌は、市販の園芸用土壌に試薬の水酸化セシウム(安定性セシウム)水溶液を、土壌中のセシウム濃度が10 mg/kg となるように混合し、所定条件下で乾燥させて調製した。

安定性セシウムの模擬土壌への吸着形態が実土壌 と類似の形態になっているかを確認するため、土壌 中の重金属の逐次抽出法による形態分析³⁾を実施 した(図3)。この結果、イオン交換態のセシウム



写真1 小型加熱炉



写真2 燃焼ボートと加熱前模擬土壌

表1 模擬試験の試験条件

項目	条件
	土壌に対する添加剤 A の混合割合
1. 添加剤量	=10~50 %
	添加剤 B の量 = 0 ~ 5 %
2. 加熱温度	800~1 000 ℃
3. 加熱時間	10~60 min

も検出されるものの、土壌に混合した安定性セシウムの約70%が残留物態として存在し、実土壌に近い形態として存在していることを確認した。

試験装置は写真1に示す小型加熱炉を用いた。中央に挿入した石英管中に、添加剤を混合した模擬土壌を入れた燃焼ボート(写真2)を置き、キャリアガス(空気)を流しながら所定の条件下で加熱処理を行った。

表1に試験条件を示す。加熱温度,加熱時間,そして土壌に加える添加剤量を変化させて試験を実施した。

加熱処理前の土壌および加熱処理後の土壌を混酸を用いて全分解し、その溶解液を ICP-MS で分析し、セシウム濃度を測定した。

加熱処理前後の土壌中のセシウム量の変化から, セシウム除去率を算出した。

2.2 試験結果

表2に種々の条件下で実施した加熱処理試験における処理後土壌のセシウム除去率を、図4~6に加熱温度、加熱時間、添加剤量とセシウム除去率の関係を示す。

図4のとおり、添加剤を添加しない場合は、いずれの加熱温度においてもセシウム除去率は10 %未満と低く、セシウムは除去困難であった。一方、添加剤存在下では、加熱温度の上昇にともないセシウム除去率は向上し、1000℃では80%を超えた。

表2 加熱処理による処理後土壌のセシウム除去率

	添力	11剤混合約	条件	加熱	条件	Cs
No.	土壌	添加剤 A	添加剤 B	温度	処理時間	除去率
	%	%	%	$^{\circ}$	min	%
1	70	30	5	800	60	37
2	70	30	5	900	60	71
3	70	30	5	1 000	60	84
4	100	0	0	1 000	60	9
5	70	30	5	1 000	10	43
6	70	30	5	1 000	30	80
7	50	50	5	1 000	60	86
8	90	10	5	1 000	60	85
9	100	0	5	1 000	60	73
10	70	30	1	1 000	60	47
11	100	0	1	1 000	60	29
12	90	10	0.5	1 000	60	12

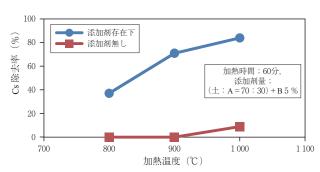


図4 加熱温度とセシウム除去率の関係

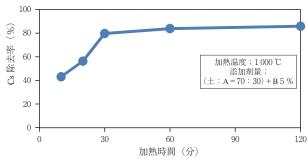


図5 加熱時間とセシウム除去率の関係

また、セシウム除去率は、加熱時間の増加にともない向上し、30分以上で80%以上のセシウム除去率が得られた(図5)。

添加剤については、添加剤 A (セシウム脱着促進剤) と同 B (セシウム揮発補助剤) の混合割合がセシウム除去率の向上に重要であり、とくに土壌と添加剤 A を70:30の割合で混合し、この混合物の総量に5%の添加剤 B を加えることで、セシウム除去率80%以上を安定的に確保することができた(図6)。

3. 放射性セシウム汚染土壌の加熱試験

模擬試験では安定性セシウムを10 mg/kg (ppm オーダー) の濃度になるように調製した模擬土壌にて加熱試験を実施したが、実汚染土壌中に含まれる放射性セシウム濃度は100万 Bq/kg の汚染土壌でも300 ng/kg (ppt オーダー) と極微量しか含まれていない。このため、極微量の放射性セシウムへの効果を確認するため、模擬試験で絞込んだ最適条件下で実汚染土壌を使用した現地試験を実施し、再現性を確認した。

3.1 試験方法

試験には、福島県内の畑の土(低濃度および高濃度)、そして水田の土の計3種類の実汚染土壌を用いた。それぞれの土壌の放射能濃度を表3に示す。

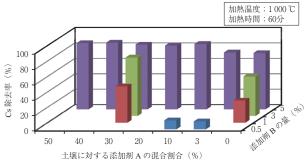


図6 添加剤の量とセシウム除去率の関係

表3 実汚染土壌の放射能濃度

土壌の種類	放射能濃度 (Cs-134)	放射能濃度 (Cs-137)	放射能濃度 合計値	
	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	
畑の土	1.700	0.000	4.500	
(低濃度)	1 700	2 860	4 560	
畑の土	C 100	10.000	10 100	
(高濃度)	6 100	12 000	18 100	
水田の土	6 100	11 000	17 100	

表4 加熱処理による各土壌の放射能除去率

		汤	5加剤混合条件	牛	加熱	条件	加熱処理後	Cs
No.	土壌種類	土壌	添加剤 A	添加剤 B	温度	処理時間	放射能濃度合計值	除去率
		%	%	%	\mathbb{C}	min	Bq/kg	%
1	畑の土 (低濃度)	70	30	5	1 000	60	139	97
2	畑の土 (低濃度)	90	10	1	1 000	60	510	92
3	畑の土 (高濃度)	70	30	5	1 000	60	1 560	91
4	畑の土 (高濃度)	80	20	5	1 000	60	1 950	90
5	水田の土	70	30	5	1 000	60	2 420	84

放射能濃度は、ゲルマニウム半導体検出器(ORTEC GEM-35)を用いて測定した。

試験装置は、模擬試験と同様の小型加熱炉を用い、試験も同様の手順で実施した。

なお、放射性物質に汚染された土壌を取扱う際は、外部被ばくを防止するためにゴム手袋、軍手、ゴム手袋の3重防護を実施し、内部被ばくを防止するために電動ファン付呼吸用保護具(PL100相当)を着用し、安全に万全を期した。

3.2 試験結果

表 4 に、実汚染土壌へ添加剤を添加し、温度 1000 ℃、時間60分にて加熱処理した結果を示す。畑の土では、放射能濃度に関係なく、放射能を90 %以上除去できることを確認した。とくに、放射能濃度の低い畑の土では、土壌への添加剤 A の混合割合を約 4 分の 1 に、添加剤 B の添加量を約 5 分の 1 に減らした場合でも、放射能除去率が90 %以上となり、添加量を減らすことが可能であった。

また、畑の土と比較して粘土・シルト成分が多い水田の土の場合は、放射能除去率は約84%となり、畑の土より低下した。

4. 加熱処理土壌を用いた発芽試験

模擬試験にて加熱処理により安定性セシウムを除去した土壌を用いて、農地還元を目的に植生試験を実施した。植生試験は、種子から芽が発芽することを確認する発芽試験と、植物の成長を確認する生育試験に分けられるが、今回は土壌の農地としての再利用可否の判断を目的とするため、発芽試験を実施した。

評価対象土壌を、土壌の量を1としてその10倍、1000倍量の水道水に分散し、さらに酸またはアルカリを添加して pH が5.5-7になるように調製した土壌懸濁液を作製した。シャーレに評価用種子(コマツナ、ラディッシュなど、アブラナ科の植物)50個を並べたろ紙を敷き、ここに希釈倍率の異なる2種の土壌懸濁液の上澄みと、対照系となる水道水をそ

表5 発芽した種子の数と経過時間

捡 汯	経過時間 (h)					
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	_	19	25	36	48	
과 '참 과	発芽総数	23	43	50	_	
	増 加 数	23	20	7	_	
1 000倍	発芽総数	20	37	45	46	
希釈懸濁液	増 加 数	20	17	8	1	
10倍	発芽総数	7	24	44	46	
希釈懸濁液	増 加 数	7	17	20	2	
가 '쑥 가	発芽総数	2	7	40	43	
水坦水	増加数	2	5	33	3	
1 000倍	発芽総数	2	6	37	41	
希釈懸濁液	増 加 数	2	4	31	4	
10倍	発芽総数	0	0	35	37	
希釈懸濁液	増加数	0	0	35	2	
	希釈懸濁液 10倍 希釈懸濁液 水道水 1000倍 希釈懸濁液 10倍	水道水 石 水道水 発芽総数 1 000倍 発芽総数 布釈懸濁液 増加数 10倍 発芽総数 水道水 増加数 1 000倍 発芽総数 布釈懸濁液 増加数 1 000倍 発芽総数 本釈懸濁液 増加数 2 分芽総数 1 00倍 発芽総数	検 万 水道水 発芽総数 23 増加数 23 1 000倍 発芽総数 20 布釈懸濁液 増加数 7 赤釈懸濁液 増加数 7 水道水 増加数 2 1 000倍 発芽総数 2 布釈懸濁液 増加数 2 1 006 発芽総数 2 発芽総数 0	検液 - 19 25 水道水 発芽総数 23 43 増加数 23 20 1 000倍 発芽総数 20 37 布釈懸濁液 増加数 7 24 希釈懸濁液 増加数 7 17 水道水 増加数 2 7 増加数 2 5 1 000倍 発芽総数 2 6 希釈懸濁液 増加数 2 4 10倍 発芽総数 0 0	検液 - 19 25 36 水道水 発芽総数 23 43 50 増加数 23 20 7 1 000倍 発芽総数 20 37 45 布釈懸濁液 増加数 20 17 8 10倍 発芽総数 7 24 44 希釈懸濁液 増加数 7 17 20 水道水 増加数 2 7 40 増加数 2 5 33 1 000倍 発芽総数 2 6 37 希釈懸濁液 増加数 2 4 31 10倍 発芽総数 0 0 35	

れぞれ滴下して. 発芽状況を観察した。^{4), 5)}

実際の農地還元では農地土壌と加熱処理土壌を混合して使用することを想定し、評価対象土壌として、加熱前の園芸用土壌の量5に対して、表2の試験 No.3の条件下で実施した加熱処理後の土壌の量1を混合したものを使用し、発芽試験を実施した。表5に経過時間と発芽した種子の数を、写真3に48時間経過後の発芽の様子を示す。

これらの結果より,加熱処理土壌の農地還元への 可能性を見いだした。

お す び

放射性物質汚染土壌の除染・減容化プロセスの確立を目的に、各種条件下で同土壌の加熱処理試験を 実施した。その結果、実汚染土壌を用いた場合で も、添加剤の使用により、90%以上の放射能を除 染できることを確認した。

試験規模・装置のスケールアップや放射線に対する安全対策など、実用化に向けた課題が残されているが、減容化技術の1つとして本技術を提案し、一

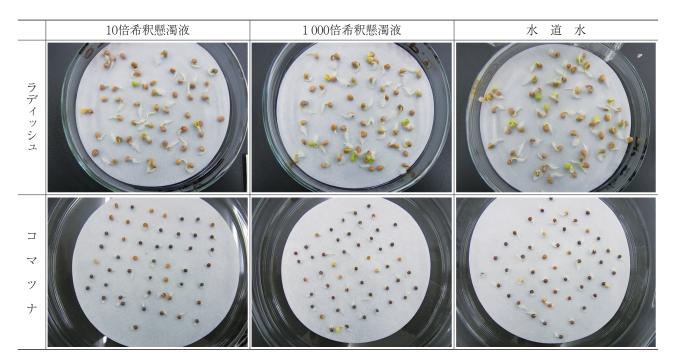


写真3 48時間経過後の発芽の様子

刻も早い福島県の復興の一助となるよう, 努めていきたい。

最後に、本開発に関する共同研究を通じ、東北大 学多元物質科学研究所、中村教授、柴田准教授、佐 藤准教授より多大なる助言をいただきました。ここ に感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 放射線量等分布マップ(2012年6月28日時点) 文部 科学省ホームページ, http://ramap.jaea.go.jp/map/
- 2) 石井豊, 小倉正裕, 川井隆夫: POPs 汚染物処理技術 としての「RH-SP 法」, 神鋼環境ソリューション技報,

Vol.3, No.1 (2006), p.29-33

- 3) Maclean. J. E and Bledoe. B. E: Ground Water Issue: Behavior of Metals in soils, EPA/540/S-92/018, (1992) pp.1-25
- 4) 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター 2002年の成果情報:コマツナを用いた堆肥品質評価のための簡易栽培装置, http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/narc/2002/narc02-21.html
- 5) 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構関 東東海総合研究部:幼植物試験等による堆肥の簡易品質 評価法, http://www.naro.affrc.go.jp/training/files/20031006-08-2.pdf

^{*}商品市場・技術開発センター プロセス技術開発部 新規プロセス室

高効率発電を目指した廃棄物のガス化・改質技術の実証

Demonstration of Gasification and Reforming Technology of Waste for High Efficiency Electricity Generation



早川 諒* Ryo Hayakawa



河合卓也* Takuya Kawai



皆川公司* Koji Minakawa



細田博之* Hiroyuki Hosoda

エネルギー源の多様化や二酸化炭素発生量削減の要請から、廃棄物からのエネルギー回収、とりわけ廃棄物発電に期待が集まっている。欧州ではバイオマス発電や、従来よりも高い発電効率が期待されるガス化発電に対して固定価格買取制度など電力買取価格のインセンティブが運用されており、また日本国内においても、2012年7月から、バイオマス発電等で得られた再生可能エネルギーの固定価格買取制度が開始された。今後、国内外においてバイオマスや廃棄物の高効率発電に対するニーズがさらに高まることが予想される。当社では、このようなニーズに対応するため、流動床式ガス化炉とプラズマ式改質炉の組み合わせによる高効率ガス化発電プロセスを開発すべく、仏)EUROPLASMA社と共同で実証設備を建設し2012年10月から実証試験を開始した。本報では、実証設備の概要およびこれまでに得られた試験結果について報告する。

Feed-in tariff program has been adopted in European market that has expected to biomass generation or advanced gasification technology generating electricity with high efficiency. Feed-in tariff program has been also started in 2012 in Japan, the market of renewable energy at home and abroad will be expanded under this program. KOBELCO ECO-SOLUTIONS decided to get into the renewable energy market with fluidized gasification technology and plasma reforming technology. KOBELCO ECO-SOLUTIONS has started a demonstration test with EUROPLASMA from October 2012. This report shows a story behind of this development, demonstration program and results through demonstration test.

Key Words:

廃棄物発電 固定価格買取制度 流動床式ガス化 プラズマ式改質 ガスエンジン Waste to energy
Feed-in tariff
Fluidized bed gasification
Plasma reforming
Gas engine

【セールスポイント】

欧州および国内でニーズが高まっているバイオマスおよび廃棄物の高効率ガス化発電プロセス を提供する。

まえがき

欧州では、地球温暖化防止の観点から廃棄物の埋立規制の強化が進んでおり、廃棄物の熱処理技術が求められる有望な市場として期待されている。特に、バイオマス発電や高効率発電が可能となるガス化発電に対する電力の固定価格買取制度などのインセンティブが整備され、今後、市場が拡大していくと予想され、また国内においても同様に固定価格買取制度が整備され、従来よりも高い発電効率が得られる技術が求められている。当社では、廃棄物やバイオマスのエネルギー回収プロセスのニーズが高まっている国内外において、高効率発電が可能となるガスエンジンを活用した発電プロセスの適用性を検討してきた。

ガスエンジンを活用するためには、その燃料となる生成ガス中のタールをある許容レベルまで低減しなければならない。タールの改質にはこれまで触媒方式や空気や酸素の吹込みによる部分酸化方式¹⁾ 等が用いられてきたが、触媒によるタールの分解技術はまだ実用段階になく、また部分酸化によるガス化改質を行うと、自らの熱量を消費して改質炉の温度を上げる必要があり、冷ガス効率が下がるというデメリットがある。そこで当社は、ガス化炉で生成したガスにプラズマを照射し、ガスに含まれるタールを改質することとした。プラズマ加熱による改質

は、部分酸化方式と比較して、プロセス内に供給する空気(酸素)の量が極めて少ないため、得られる 生成ガスの発熱量の低下が少ないという特長があり、ガスエンジンでの発電に有効な手段であると判 断した。

当社は仏)EUROPLASMA 社と共同で処理規模 20 ton/d の実証施設を建設し、2012年10月から実証 設備での実証試験を開始したところである。現在は、木材チップを使った試験によりプラントの基本性能の確認試験を行っている段階であるが、今後様々な対象物で試験を行いプロセスの最適化を進めていく予定である。

本報では、設備の概要およびこれまでに得られた 試験の結果について報告する。

1. これまでの経緯

図1に本開発の全体工程を示す。2010年度からプロセスの検討および実証設備の設計を開始した。その後、実証設備の建設工事および試運転を経て2012年10月から実証試験を開始した。

2. 高効率ガス化発電プロセスの概要

当社が想定している高効率ガス化発電プロセスのフロー図を図2に示す。廃棄物もしくはバイオマスを流動床式ガス化炉へ供給しガス化した後、後段のプラズマ式改質炉にて生成ガス中のタールを改質する。その後排ガス処理を行い、ガスエンジンに適し

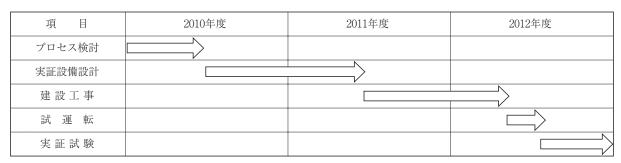


図1 全体工程

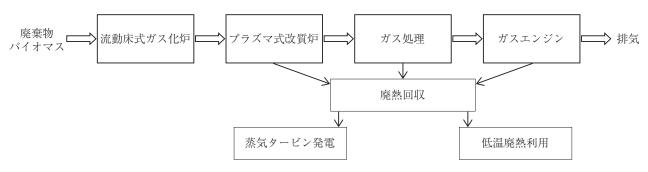


図2 高効率ガス化発電プロセス フロー概略図

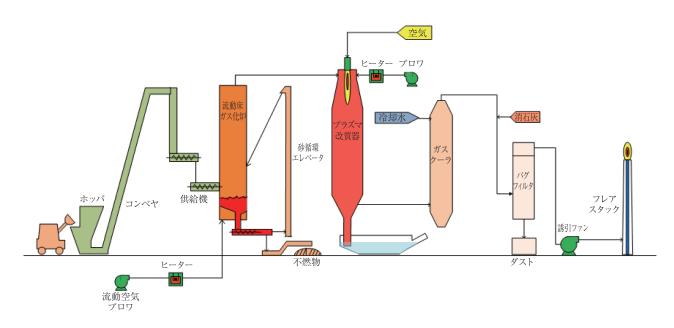


図3 実証設備プロセスフロー図

表1 実証設備の概要

	X 大皿以州 > 7% X
定格能力	800 kg/hr
対 象 物	RDF と木材チップの混合物
N 家 初	低位発熱量 18.3 MJ/kg
ガス化方式	流動床式ガス化炉
改質方式	空気プラズマ方式
ガス冷却方式	間接熱交換方式
ガス処理方式	バグフィルタ (薬剤吹込み)

表2 実証試験の目標値(第1ステップ)

タール露点温度 40℃以下

た燃料ガスをガスエンジンに供給し発電を行うこと で、従来のボイラータービン発電プロセスより高効 率の発電を実現するものである。

3. 実証設備の概要

この高効率ガス化発電プロセスの実証を行うため、EUROPLASMA 社の R&D サイト(フランス、アキテーヌ地域圏モルセンクス)に実証設備を建設した。実証設備の概要を表1、プロセスフローを図3、設備の外観を写真1に示す。

4. 実証試験結果

1)目標値

本実証試験では、第1ステップとして、ガス化炉での安定したガス化運転と、ガスエンジンの安定運転の阻害要因になるタールの改質性能を確認するこ



写真1 実証設備外観

とを目標とした。当社が想定しているプロセスでは、ガス温度をガスエンジンの入口で40℃程度まで冷却する必要があるが、その時に生成ガス中に含まれるタールが凝縮してエンジン入口でトラブルが発生しないよう、露点温度を入口温度の40℃以下とすることを目標とした(表2)。

2) 対象物

本実証試験においては、各種廃棄物やバイオマスなどの混合物を対象に試験を行うことを想定しているが、今回の試験では、まずは木材チップ(写真2)を原料として基本性能であるガス発熱量およびタールの改質性能について確認すべく試験を行った。試験に使用した木材チップの分析結果を表3に示す。今回の木材チップ単体の試験では、計画時よりも低い発熱量での運転となった。

表3 木材チップの分析結果

項目	単 位	
水 分	%	24.1
灰 分	dry%	0.38
揮 発 分	dry%	84.0
燃料比	_	0.2
低位発熱量	MJ/kg	13
C	dry%	51.55
Н	dry%	7.08
N	dry%	0.04
O	dry%	40.73
S	dry%	0.01未満
C1	dry%	0.01未満



写真2 木材チップ外観

3) 運転結果

表4に主要な運転条件を示す。また、図4に温度 のトレンド、図5にプラズマ式改質炉出口のガス組 成のトレンドを示す。ガス化炉砂層温度、ガス化炉 出口温度およびプラズマ式改質炉出口温度に大きな 変動はなく安定した運転ができた。また、ガス組成 についても変動はほとんどなく、安定にガスが得ら れることを確認した。今回は計画値よりも発熱量の 低い木材チップを対象に試験を実施しているためガ ス中の CO や H2 の濃度がそれぞれ10 %程度である が、今後運転の最適化や発熱量の高い処理物での試 験を行うことで、より高い発熱量のガスを得る計画 である。

4) タール改質性能

次に本プロセスでのタール改質性能について述べ る。写真3、写真4にガス化炉出口および、プラズ マ式改質炉出口のタール採取ビンの様子を示す。タ ールはアルコールに吸収させる方法を用いて採取し た。ガス化炉出口では、タールとともに生成ガスに

含まれる灰やチャーなども採取されており、採取ビ ンのアルコールが黒もしくは黄色く着色されている のがわかる。一方、プラズマ式改質炉出口のものは 透明であり、ほとんどタールが含まれていないこと が伺えた。

タール濃度は、ガス化炉出口では約10 g/Nm³程度 存在していたが、プラズマ式改質後は0.6 g/Nm3 ま で減少しており、残存したタールの主成分はベンゼ ンおよびトルエンであることが確認できた。改質後 のタールの露点温度は20℃で、目標値の40℃以下 であることが確認され、ガスエンジンに十分適用で きる改質性能を有することが確認できた。

表4 運転条件

処五	里量	木材チップ	800 kg/h
		ガス化炉砂層	700 ~ 750 ℃
温	度	ガス化炉出口	800 ~ 850 ℃
		プラズマ式改質炉出口	1 000 ℃
運転空気比		ガス化炉	0.28 ~ 0.30
		プラズマ式改質炉	$0.35 \sim 0.45$

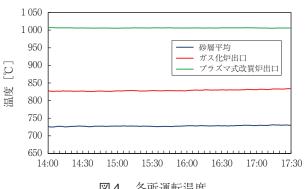


図4 各所運転温度

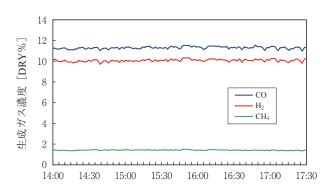


図5 生成ガスのトレンド (プラズマ式改質炉出口)



写真3 ガス化炉出口でのタール採取ビン



写真4 プラズマ改質炉後でのタール採取ビン

むすび

流動床式ガス化炉とプラズマ式改質炉の組み合せによる高効率ガス化発電プロセスを開発するための実証試験を開始した。まず、木材チップを使用した試験を行いガス化発電プロセスの基本性能を確認した。今後は、プロセスの最適化に向けた追加試験を継続するとともに、RDF や各種バイオマスなど多

様な処理物を対象に試験を行い、欧州のみならず、 国内のニーズにも適合した高効率ガス化発電プロセスを完成させる予定である。

[参考文献]

1) 財団法人エネルギ総合工学研究所ほか:高効率廃棄物ガス変換発電技術開発 平成15年度報告書 (2003), pp.125-170

^{*}商品市場・技術開発センター プロセス技術開発部 廃棄物処理室

冷却塔監視システム「CT ウォッチ®」

Cooling Tower Watching System [CT watch]



橋本有泰* Nariyasu Hashimoto 環境計量士

当社は冷却塔本体の異常や冷却水水質を監視するシステム「CT ウォッチ」を上市した。このシステムは冷却水水質を薬剤により自動制御する機能も備えており、薬剤濃度をリアルタイムで制御することで薬剤使用量を低減させつつ、冷却塔三大障害(スケール、スライム、腐食)の抑制が可能である。本稿では「CT ウォッチ」システムの概要とトライアル実施例について紹介を行う。

We marketed $\lceil CT \text{ watch} \rfloor$ system which watched abnormality of the cooling tower and the quality of the cooling water. This system includes the functions to automatically control the chemical concentrations in the cooling water. With using this function, we can reduce the consumption of chemicals, and prevent the three serious problems (Scale, Slime, Corrosion) of the cooling tower. This report introduces a summary of $\lceil CT \rceil$ watch \rfloor system and the results of the demonstration test.

Key Words:

冷 却	塔	Cooling tower
C T ウォッ	チ	CT watch
低 環 境 負	荷	Low environmental load
省エネルギ		Saving energy
スケー	ル	Scale
スライ	4	Slime
腐	食	Corrosion
監視システ	4	Watching system

【セールスポイント】

冷却塔本体や冷却水水質の状態を監視できる。

薬剤濃度をリアルタイムで測定し、一定濃度制御を行うことにより薬剤使用量を低減させることができる。

薬剤濃度を適正値に保つため、高濃縮運転を行うことができ、それにより補給水の節水が図れる。

まえがき

冷却塔は、工場等で発生する熱を効率よく取除くために一般的に使用される水冷却機器であるが、異常があった場合は、施設全体の稼働停止にもつながる重要な設備である。そのため、異常・トラブルを早期に発見できることが望まれている。また、冷却

塔の冷却性能低下やプロセス側熱交換器の効率低下 を防ぐためには、冷却水の水質管理を適正に行う必 要がある。

従来の冷却水水質管理は、持帰り分析の結果を基 に薬剤注入量を調整していたため、状況変化に対す る追随の遅れにより薬剤注入量の過不足が生じ、冷 却水の三大障害であるスケール障害, スライム障害. 腐食障害が発生していた。

そこで冷却水薬剤のトップメーカーである片山ナルコ株式会社**と業務提携し、当社の冷却塔販売 実績で得られた冷却塔運転ノウハウと、同社の冷却 水水質自動制御技術を組入れた「CT ウォッチ」を 上市した。

1. 「CT ウォッチ」の概要

従来の冷却水管理システムを**図1**に示す。従来は 冷却塔本体の監視は行わず、冷却水のみの管理を行 っている。薬剤はタイマーや補給水量に対して一定量注入し、電気伝導率などによる自動ブロー装置と組合わせることで冷却水の管理を行うことが通常であった。この従来の管理では、水質変動に対する追随が遅れることにより薬剤注入量の過不足が生じ、冷却水の三大障害であるスケール障害、スライム障害、腐食障害が発生していた。

「CT ウォッチ」を導入した新システムを図2に示す。ファンモータ電流値,振動値等といった冷却 塔本体の状態を監視することができるため、異常の

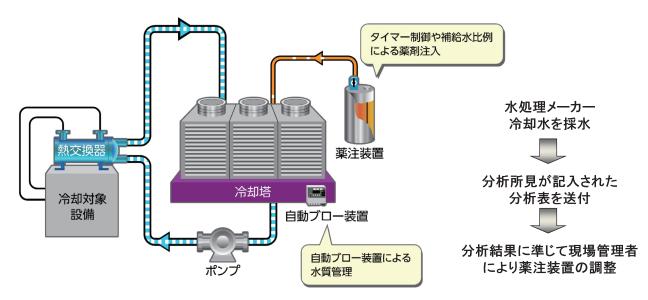


図1 従来の冷却水管理システム

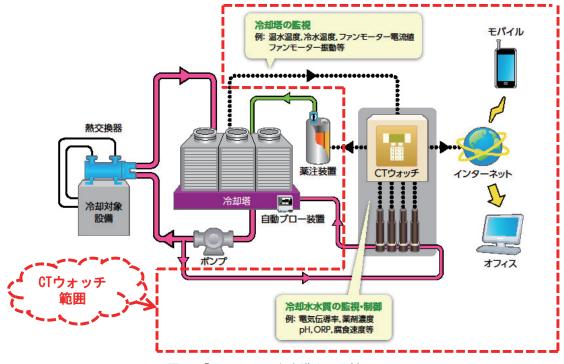


図2 「CTウォッチ」を導入した新システム

早期発見、早期対処が可能である。また冷却水水質 を監視し、薬剤濃度をリアルタイムで測定し、過不 足無く一定濃度制御を行うことができるため、従来 の方式と比べ冷却水の三大障害を防ぎ、 さらに薬剤 使用量を低減させることができる。そして、冷却塔 の高濃縮運転を行うことができるため、補給水の節 水も可能である。

「CT ウォッチ」には、「フルスペック版」、「標準 版」、「簡易版」と3機種がラインナップされており、 必要性、顧客ニーズに応じて、それぞれの機種を提 案している。表1に3機種における仕様を示す。

2. 「CT ウォッチ」のメリット

2.1 冷却塔安定運転の維持

当社は国内に5 000基以上の冷却塔納入実績を有 している。なかには納入後30年以上経過している設 備もあり、老朽化による設備補修等が必要な設備も 多い。老朽化等により冷却塔設備が停止した場合. 冷却プロセス全体も必然的に停止してしまい、それ による影響は非常に大きい。そのため、冷却塔本体 の異常を早期に発見することが必要である。

「CT ウォッチ」には冷却塔の冷水・温水の温度. ファンモータ電流値, ファンモータ振動値等を付属 させ監視することができる。そして冷却水水質も含 めた測定結果は、自動制御システムに蓄積されると 同時に, 遠隔監視機能によりインターネット回線を 介してデータセンタにて大容量の測定結果を保存さ せることができる。データセンタでの測定結果は一 般のインターネット接続されたパソコンから常時閲 覧でき、また異常値が発生した場合、Eメールにて 登録したパソコン、携帯電話等に警報を送ることも できる(フルスペック版、および標準版オプショ ン) (図3)。

表1 CTワォッナ」3機種仕様表						
	フルスイ	ペック版	標準版		簡 易 版	
	監視	制御	監視	制御	監視	制御
1. 冷却水水質						
1-1. 薬剤濃度	0		\circ			\circ
1-2. 電気伝導率	0		\circ		_	_
1-3. рН	0	0	\circ		_	_
1-4. ORP	0	0	\circ		_	_
1-5. 腐食速度	0	_	\circ	_	_	_
2. 冷却塔本体						
2-1. 冷水,温水温度	0	_	_	_	_	_
2-2. ファンモーター電流値		_	_	_	_	_
2-3. ファンモーター振動値		_	_	_	_	_
3. 遠隔監視			オプミ	ンヨン	-	_

「CTウォッチ」 3 継種仕様素

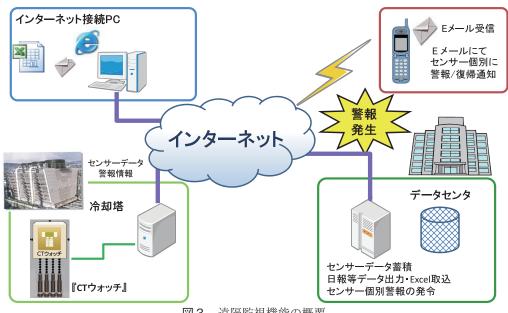


図3 遠隔監視機能の概要

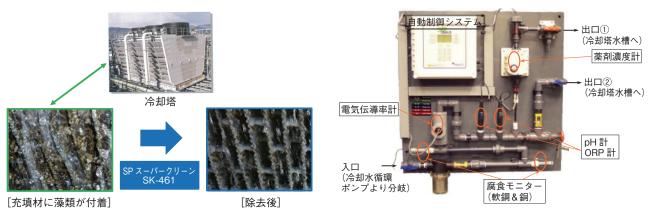


図4 冷却塔充填剂藻類対策

写真1 「CT ウォッチ」概略構造

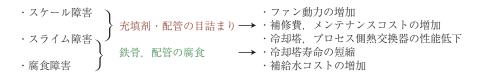


図5 冷却塔. プロセス側熱交換器に与える影響

たとえば、ファンモータ電流値が増大すれば、充 填材が目詰まりし圧損上昇していることが考えられ る。充填材の目詰まりの原因として、スライムや藻 類が発生している場合が多い。このような場合に当 社薬剤で適切に対処した実例もある(図4)。

2.2 最適な冷却水水質コントロール

2.2.1 水質コントロールの必要性

開放式冷却塔の場合、冷却水は空気との接触による蒸発潜熱により冷却効果を得るが、その空気との接触や補給水中に含まれる成分の濃縮により三大障害となるスケール、スライム、腐食が発生する。また、密閉式冷却塔の場合には散布水がそれと同様である。

これら三大障害により、ファン動力増加や、補修費・メンテナンスコスト増加などの冷却塔に与える影響ばかりでなく、プロセス側熱交換器の効率低下や腐食などは深刻な問題である(図5)。

冷却水水質管理は重要であるが、前述したとおり 従来の管理方式では三大障害の最適な抑制は困難で ある。そこで従来の管理方式で三大障害を抑えるた め、安全性の観点から少々過量な薬剤注入、スケー ル発生の危惧から低濃縮度での冷却塔運転が実施さ れており、薬剤や補給水の無駄使いが行われている 場合が多い。冷却水の状況変化を監視し、それに応 じたリアルタイムでの適切な薬剤処理を行うことが 必要である。

2.2.2 「CT ウォッチ」を用いた冷却水水質コントロール

写真1に「CTウォッチ」標準版の概略構造を示す。冷却水循環ポンプ等より分岐させた冷却水を「CTウォッチ」配管内に取込み、通水させたのち再び冷却塔保有水槽等へ戻す。循環冷却水を取込むことにより以下のことが可能となる。

- ・薬剤濃度のリアルタイム測定,および腐食・スケール防止剤の薬注自動制御
- ・pHのリアルタイム測定,およびpH調整剤の薬注自動制御
- ・ORP のリアルタイム測定、および殺菌剤の薬注 自動制御
- ・電気伝導率のリアルタイム測定, および冷却水自動ブロー制御
- ・腐食速度(軟鋼・銅)のリアルタイム測定 リアルタイムでの最適な冷却水水質コントロール を行うことで、以下1)-3)のメリットが生まれる。 1)三大障害の回避と設備性能の低下防止――メン テナンスコストの削減――

冷却水水質の状況変化に追随し、薬剤を過不足無く注入できることで三大障害を回避することができる。 三大障害を回避することで、冷却塔本体や熱負荷設備(熱交換機など)の性能を維持することができる。また、このことで定期的なメンテナンス頻度も低減させることができるため、コストの削減が図れる。

2)薬剤使用量の最小化

従来の方式では薬剤濃度が測定できないため、三大障害に対する安全性の観点から、どうしても薬剤濃度範囲に幅を持たせ過量薬注を行わざるをえなかった。しかし「CT ウォッチ」と組合わせた当社の薬剤は、薬剤濃度が測定でき、かつ薬注自動制御ができるため、常に必要最小限の薬剤使用量で処理が可能である。このことより従来の方式と比較して格段に薬剤使用量が減少するメリットがある(図 6、図 7)。

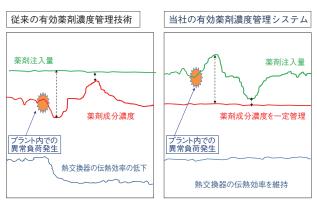


図6 有効薬剤濃度管理モデル

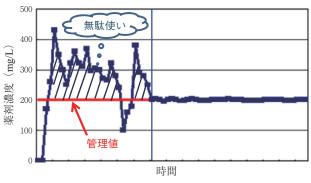


図7 タイマー制御と薬剤濃度制御との比較(濃度推移)

3) 節水効果

上記2) 同様, 従来の方式では三大障害, とくにスケール析出のリスクに対する安全性の観点から, 低濃縮運転を行わざるをえなかった。しかし「CT ウォッチ」と組合わせた当社の薬剤は, 薬剤を常に最適濃度に一定制御できることから濃縮度を上げた運転が可能である。これにより補給水量の減少が図れ, 結果的に節水効果に繋がる。

- 3. 「CT ウォッチ」による実証トライアル 結果
- 3.1 トライアル用「CT ウォッチ」テスト機の概要およびテスト条件

関西熱化学㈱加古川工場にトライアル用「CTウォッチ」テスト機を設置し、実証評価試験を行った。トライアル条件を表2に示す。最初の1カ月間はトライアル開始以前の冷却塔濃縮運転(3.6倍)、次の1カ月間を当社推奨濃縮運転(6.0倍)で計2カ月間のトライアルを実施した。

今回のトライアルはハロゲン系酸化剤をスライム防止のために使用し、推奨維持濃度は遊離酸化剤濃度0.1-0.3~mgFAO/Lで管理するため、ORPにて薬注自動制御を行った。

写真2にトライアル用「CT ウォッチ」テスト機

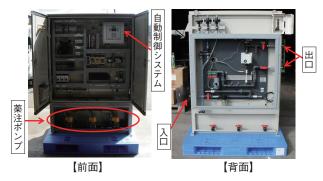


写真2 トライアル用「CTウォッチ」テスト機

表2 トライアル条件

項目			トライアル開始以前の 濃 縮 度 に よ る 条 件	当社推奨濃縮度による条件	
型 式 循環水量			開放式		
		m ³ /hr	600		
冷却塔	保有水量	m ³	100		
	強制ブロー管理値(電気伝導率)	mS/m	75	120	
	濃縮度	倍	3.6	6.0	
	使用補給水		加古川地区工業用水		
	腐食・スケール防止剤推奨維持濃度	mg/L	150	130	
CT ウォッチ	ORP 設定値	mV	350		
	スライム防止剤推奨維持濃度	mgFAO/L	0.1 - 0.3		

表3 水質分析結果

		20	7. 英方 有情况
		補	給水
項	I		期間:2012年1月17日-4月2日
pН			7.6 - 7.9
電気伝導率	(mS/m)		12.8 - 22.0
酸消費量 (pH4.8)	(mgCaCO ₃ /L)		17 - 19
カルシウム硬度	(mgCaCO ₃ /L)		20 - 34
塩化物イオン	(mgCl ⁻ /L)		11 - 30
イオン状シリカ	$(mgSiO_2/L)$		11 - 14
全鉄	(mgFe/L)		0.24 - 0.85

冷却水(濃縮度:3.6倍運転時)				
項	目	期間:2012年1月17日-2月24日	管理基準	
pН		8.4 - 8.5	< 9.0	
電気伝導率	(mS/m)	70.2 - 74.1	< 150	
酸消費量(pH4.8)	(mgCaCO ₃ /L)	50 - 60	< 200	
カルシウム硬度	(mgCaCO ₃ /L)	93 - 110	< 250	
塩化物イオン	(mgCl ⁻ /L)	86 - 110	< 250	
イオン状シリカ	$(mgSiO_2/L)$	14 - 32	< 150	
全鉄	(mgFe/L)	0.22 - 0.45	< 1.00	
一般細菌数	(cfu/mL)	$< 1.0 \times 10^{1} - 4.8 \times 10^{2}$	$< 1.0 \times 10^{3}$	

冷却水(濃縮度:6.0倍運転時)					
項	目	期間:2012年3月5日-4月2日	管理基準		
pН		8.7 - 8.8	< 9.0		
電気伝導率	(mS/m)	113 - 121	< 150		
酸消費量 (pH4.8)	(mgCaCO ₃ /L)	98 - 120	< 200		
カルシウム硬度	(mgCaCO ₃ /L)	180	< 250		
塩化物イオン	(mgCl ⁻ /L)	150 - 190	< 250		
イオン状シリカ	$(mgSiO_2/L)$	64 - 90	< 150		
全鉄	(mgFe/L)	0.53 - 0.98	< 1.00		
一般細菌数	(cfu/mL)	$1.5 \times 10^2 - 8.9 \times 10^2$	$< 1.0 \times 10^{3}$		

を示す。本テスト機は写真1の自動制御システムを除く機器を背面に収納し、薬注ポンプを装置下側に設置した。装置寸法は全高約1830mm,全横約1300mm、全奥約1100mmである。なお、このテスト機は「CTウォッチ標準版」に遠隔監視機能を付属させ、水質データの遠隔監視を可能とした。腐食・スケール防止剤とスライム防止剤を自動制御により注入し、pHは調整する必要が無かったため、監視のみ行った。また、冷却塔本体側には電気伝導率計が既設されており、それで自動ブロー制御が行われていたため、「CTウォッチ」に付属している電気伝導率計も監視のみとした。

3.2 結 果

3.2.1 水質分析結果

「CT ウォッチ」で連続的に濃度測定する項目以外については、定期的に採水を実施し水質分析を行った。トライアル期間中の定期水質分析結果を表3に示す。当社推奨濃縮度まで上げた運転でもすべての分析項目において当社薬剤使用による管理基準値以下となり、良好に冷却水処理が行われた。

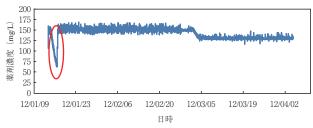


図8 腐食・スケール防止剤濃度変化

3.2.2 「CT ウォッチ」連続濃度測定による腐食・ スケール防止剤薬剤濃度変化

トライアル期間中の腐食・スケール防止剤濃度変化を図8に示す。

トライアル開始初期の段階で、薬注ポンプの不調(エアの混入)により濃度が一時的に低下したが、「CTウォッチ」の遠隔監視により早急に対処することができた(図中の赤丸部分)。トライアル開始約1カ月後の推奨濃縮運転(6.0倍)への切替えに伴い、推奨維持濃度も130 mg/Lへと設定値を変更した。変更後もとくに問題が生じることなく、推奨維持濃度付近を推移した良好な結果となった。

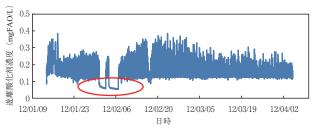


図9 遊離酸化剤濃度変化

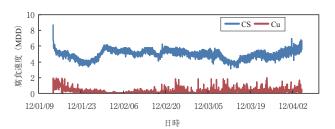


図10 腐食速度変化

表 4 冷却塔諸元

項	B	トライアル開始以前の濃縮度の諸元 (濃縮度:3.6倍)	当社推奨濃縮度の諸元 (濃縮度:6.0倍)	備考
型	式	開放式		
循環水量	(m³/hr)	600		設計值
保有水量	(m ³)	100		計算值
冷却塔出入口温度差	(℃)	5.4	2.7	計算值
蒸発水量	(m³/hr)	5.6	2.8	計算值
飛散水量	(m³/hr)	0.3	0.3	設計値
濃縮度	(倍)	3.6	6.0	計算值
全ブロー水量	(m³/hr)	2.2	0.6	計算值
強制ブロー水量	(m³/hr)	1.9	0.3	計算值
補給水量	(m³/hr)	7.8	3.4	計算值
滞留時間	(hr)	47	177	計算值

3.2.3 「CT ウォッチ」連続濃度測定による遊離酸 化剤濃度変化

トライアル期間中の遊離酸化剤濃度変化を図9に示す。

上記3.2.2と同様、トライアル開始2週間後あたりの段階で、薬注ポンプの不調(エアの混入)により濃度が一時的に低下したが、「CTウォッチ」の遠隔監視により早急に対処することができた(図中の赤丸部分)。トライアル全期間を通して、遊離酸化剤濃度は0.1-0.3 mgFAO/L 付近を推移し、表3のとおり、一般細菌数も管理基準値以下であり、良好な処理状況であった。

3.2.4 腐食度

トライアル期間中の腐食速度変化を図10に示す。トライアル全期間を通じて、腐食速度としての管理基準値 CS(軟鋼)10 MDD***以下、Cu(銅)2 MDD以下を推移した結果となり、良好な処理状況であった。

3.2.5 冷却塔諸元

トライアル開始以前の濃縮度で試験を行った1カ月間と、当社推奨濃縮度で試験を行った1カ月間での冷却塔諸元を表4に示す。

3.2.6 節水効果

前年度との補給水使用量を比較した結果,月間約14%の節水効果が得られた。「CTウォッチ」によ

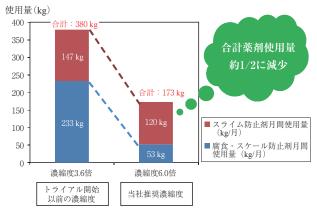


図11 トライアル開始以前の濃縮度と、当社推奨濃縮度 との月間薬剤使用量の変化

り、高濃縮運転で適切に薬剤処理を行った結果得られたコスト削減効果の一つである。表4より補給水量の減少分が確認できるが、季節変化(気温変動)に伴う冷却塔出入口温度差の変動や、補給水水質変化による濃縮度の変動といった諸条件変化により、補給水量も常時変動する。長期間にわたり実際の補給水量を調査することでより正確な節水量を把握することができる。

3.2.7 薬剤使用量

トライアル開始以前での濃縮度によるトライアル1カ月間と、当社推奨濃縮度変更後によるトライアル1カ月間での薬剤使用量変化を図11に示す。後半

1カ月の方が気温も上昇したことから微生物の発生 が多くなり、スライム防止剤の低減は約20%程で あったが、腐食・スケール防止剤は約80%の低減 ができた。

濃縮度を上げたことで補給水量だけでなく全ブロ -水量も減少したため、結果として薬剤使用量も全 体的に約50%程度減少することができた。

むすび

「CT ウォッチ」による冷却塔本体の監視は、異 常を早期に発見できる。また適切な冷却水処理管理 は、薬品使用量の抑制につながり低環境負荷に寄与 する。そして、濃縮度を上げた運転も可能になるた め、補給水の低減(節水)効果がある。このことに より、冷却プロセスの効率を大きく左右する冷却塔 本体、熱負荷設備(熱交換機など)へ与える障害も 防ぐことができ、施設全体のコスト削減が図れる。

当社が納入してきた冷却塔設備、および他メーカ -製冷却塔であっても「CT ウォッチ」が広く採用 されることを期待する。最後に、「CT ウォッチ」実 証トライアルにあたり、多大なるご協力を頂きまし た関西熱化学㈱の関係各位に深く感謝の意を表しま

^{*}水処理事業部 第二営業部 薬品室 **大阪本社/大阪府大阪市東淀川区東淡路 1-6-7 ***腐食速度 MDD は $mg/dm^2/day$ (1 日あたり $1 dm^2$ あたり腐食減量する重量)で,一般的に使用される指標である。

無摺動クリーン撹拌機『スイングスター®』

Frictionless Clean Reactor "SWINGSTIR"

[特許出願中、登録商標] [Patent Pending and Resistered Trademark]







山本昌史*
Masafumi Yamamoto

近年、医薬品・ファインケミカル分野では、品質の向上およびさらなる高純度化の目的で異物混入のリスクのない撹拌機が望まれている。『スイングスター』は独自の旋回撹拌方式により、従来の回転型シールに代わる新開発の無摺動フレキシブルシールを採用したクリーン撹拌機である。

Recently, in pharmaceutical and fine-chemical markets, the need for reactors which further reduce the risk of contamination is increasing. Using an original swing-based mixing system, "SWINGSTIR" is a clean reactor which has a newly developed frictionless flexible seal that replaces a conventional rotating type seal.

Key Words:

コンタミレス, コンタミフリー Contamination-free

無 摺 動 Frictionless 洗 净 性 Cleanability

【セールスポイント】

- ・無摺動フレキシブルシールによるクリーン撹拌機
- ・洗浄性を考慮したシンプルな旋回式撹拌翼

まえがき

近年,国内の医薬,電子材料,ファインケミカルメーカは,より付加価値の高い製品を開発し,製造する方向に向かっている。このような製品の生産において撹拌機は,反応,晶析,濃縮などの用途で幅広く使用されている。当社もグラスライニング製撹拌機,耐食金属製撹拌機,粉体混合乾燥機を中心

に、これまでも撹拌翼の開発 $^{1),2)}$ 、ライニング用グラスの開発、付属品の改良などにより、コンタミレスのニーズに対応してきた。

スイングスターは、従来型撹拌機の軸封部からの コンタミ防止を目的に、非回転の旋回方式撹拌を行 うことで、回転摺動部のない独自のフレキシブルシ ールを採用した撹拌機である。フレキシブルシール

表1 各軸封シールの比較

	メカニカルシール	ドライシール	マグネットシール	フレキシブルシール
異物混入のリスク	×	×	×	0
洗浄の容易さ	×	×	×	0
密 封 性		\triangle		0
圧 力		\triangle		\triangle
温度	0			\triangle

材質	軟鋼	ニッケルクロム鋼	PTFE	補強繊維	EPDM
弾性係数 [MPa]	210 000	210 000	400	755 – 3 138	1-21 (硬度 JIS A 30-90より算出)
引張強度 [MPa]	400	900	31 – 41	69	5-20

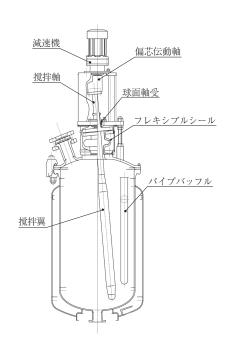


図1 スイングスター反応機

と従来の回転型軸封の性能比較を**表1**に示す。フレキシブルシールは、これまで困難とされてきた軸封部由来の摩耗、シーラントなどによるコンタミネーションを完全に無くし、さらに従来のメカニカルシールと比べてシール構造もシンプルであるため、洗浄性に優れておりクロスコンタミ防止にも有効である。

スイングスターは、2012年6月に開催されたインターフェックスジャパンに初出展し、販売を開始した。本稿ではこの『スイングスター』について紹介する。

1. スイングスターの形状

1.1 基本構造

旋回撹拌方式を採用したスイングスターの基本構造について説明する。スイングスター反応機の断面図を図1に示す。

動力は、減速機出力軸に取付けられた偏芯伝動軸から軸受を介して撹拌軸に伝達され、この偏芯伝動軸で回転運動から旋回運動へ変換される。さらに撹拌軸は、旋回運動の支点となる球面軸受で支持され、フレキシブルシールにて缶内外を隔てている。

撹拌翼は、シンプルな扁平断面形状で洗浄性と撹拌効率を両立し、グラスライニングの施工も可能である。

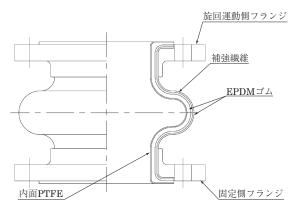


図2 フレキシブルシール

1.2 フレキシブルシール

回転撹拌方式では回転部と静止部とを摺動させて 圧力をシールするメカニカルシールが用いられてい る。スイングスターでは旋回撹拌方式を採用するに あたり、大きな変位を吸収するまったく新しい構造 のシール部材の開発に取組んだ。

シールにはメカニカルシールと同様に耐食性,耐 圧性と耐熱性,さらに旋回運動の変位を吸収する可 とう性の4つの要素すべてを満たす必要がある。

耐食性を考慮すると接ガス部の材質は、ドライシールと同様に耐食性に優れた PTFE が適している。PTFE で変位を吸収する構造として一般的にはダイヤフラム構造やベローズ構造が挙げられるが、いずれも無摺動撹拌機のシール材として耐圧性が問題となる。

そこで、耐震用または配管の変位吸収用として用いられるエキスパンションジョイントに着目し、スイングスター専用フレキシブルシールの開発を行った。フレキシブルシールの内面は、耐食性に優れたPTFEとし、その外面側には耐圧性を持たせるための補強繊維、およびそれらの層間をEPDMゴムで充填し、可とう性をもたせた構造である。

フレキシブルシールに使用した各材質の物性と、 比較のために一般的な鋼板材料である軟鋼,ニッケルクロム鋼の物性を表2に示す。軟鋼やニッケルクロム鋼と比べると、PTFE や補強繊維の剛性(ヤング率)は50分の1以下で非常に柔らかく、引張強度は約8分の1以下であるため、このような材料を用いていか に耐圧性を確保する構造とするかがポイントとなる。

フレキシブルシールの構造検討には FEM 構造解析を活用した。解析の一例を図3に示す。FEM 構造解析では形状,各層の厚み,補強繊維の層数,補強位置を検討,各材質の疲労強度,各層間の密着強度などを考慮して構造を決定し,開発期間の短縮を図ることができた。

また FEM 解析の結果を元にフレキシブルシール を試作し実際に温度,圧力を加えて加速耐久試験を 実施し、耐久性を確認した。

2. スイングスターの諸特性

2.1 撹拌動力

2.1.1 撹拌動力理論

通常の回転撹拌による撹拌動力 P[W]は、下記式で表わされる。

$$P = N_b \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d^5$$

ここで.

ρ: 液密度 [kg/m³]

n:回転数 [s⁻¹]

d:代表径(翼スパン)[m]

また N_p は、動力数とよばれる無次元数であり、撹拌レイノルズ数、撹拌フルード数および撹拌槽、邪魔板などの幾何学的形状の関数になる。

スイングスターの旋回撹拌方式の場合も以下に示すように回転撹拌と同様に表すことができる。

図4に示す旋回撹拌翼について考える。斜線部に発生する抗力 df^{3} は、抗力係数を C_D とすると

$$df = C_D \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^2 \cdot (w_1 \cos \theta + w_2 \sin \theta) \cdot dl$$

$$= \frac{C_D}{2} \cdot \rho \cdot (1 \cdot \sin \phi \cdot 2\pi n)^2 \cdot (w_1 \cos \theta + w_2 \sin \theta)$$

$$\cdot dl$$

$$= (2\pi)^2 \frac{C_D}{2} \cdot \sin^2 \phi \cdot \rho \cdot n^2 \cdot l^2 \cdot (w_1 \cos \theta + w_2 \sin \theta)$$

$$\cdot dl$$

この抗力 df により発生するトルク dT は、 $dT = (l\sin\phi)\cdot df$ 、 撹拌動力 dP は $dP = 2\pi n\cdot dT$ であるから、

$$dP = (2\pi)^{3} \frac{C_{D}}{2} \cdot \sin^{3} \phi \cdot \rho \cdot n^{3} \cdot l^{3} \cdot (w_{1} \cos \theta + w_{2} \sin \theta) \cdot dl$$

さらに撹拌翼全体での撹拌動力 Pは.

$$P = \int dP$$

$$= (2\pi)^3 \frac{C_D}{2} \cdot \sin^3 \phi \cdot \rho \cdot n^3 \cdot (w_1 \cos \theta + w_2 \sin \theta)$$

$$\cdot \int_{l_1}^{l_2} l^3 dl$$

$$= (2\pi)^3 \frac{C_D}{2} \cdot \sin^3 \phi \cdot \rho \cdot n^3 \cdot (w_1 \cos \theta + w_2 \sin \theta)$$

$$\cdot \frac{1}{4} (l_2^4 - l_1^4)$$

ここで $w_1=\zeta_1 d,~w_2=\zeta_2 d,~l_1=\eta_1 d,~l_2=\eta_2 d$ とすると

$$P = \left\{ (2\pi)^3 \frac{C_D}{8} \cdot \sin^3 \phi \cdot (\zeta_1 \cos \theta + \zeta_2 \sin \theta) \cdot (\eta_2^4 - \eta_1^4) \right\} \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d^5$$

となり、通常の回転撹拌と同様に、動力 P は、 ρ 、

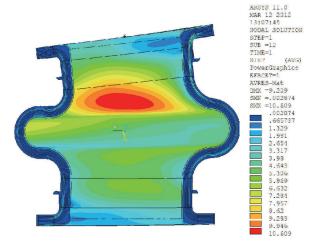


図3 フレキシブルシール FEM 解析例

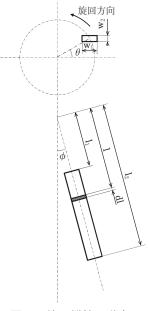


図4 旋回撹拌の動力

 n^3 , d^5 に比例する。以上のように旋回撹拌方式においても回転撹拌と同様に動力数 N, を

$$N_p = (2\pi)^3 rac{C_D}{8} \cdot \sin^3 \phi \cdot (\zeta_1 \cos \theta + \zeta_2 \sin \theta) \ \cdot (\eta_2^4 - \eta_1^4)$$

としてスケールアップが可能である。

2.1.2 撹拌動力測定

槽内径 D=400 mm, 2:1 半楕円下鏡形状の円筒槽を用いてスイングスターの撹拌動力を測定した。測定結果を N_p -Re線図にプロットし図 5 に示す。ここで,スイングスターの撹拌翼代表径 d は,翼旋回最大直径とした。

2.2 混合性能

撹拌性能を評価するため前節と同形状の槽内径 D=400 mm のアクリル製可視槽を使用し、混合試験を実施した。実験は、ヨード澱粉の呈色をチオ硫酸ナトリウムで還元脱色する脱色法を使用し、各装置の撹拌動力を同一にして混合時間を測定し比較した。ヨード溶液およびチオ硫酸ナトリウム溶液は、

内容液と同じ粘度に調整したものを用い, 混合時間 は、脱色過程の連続写真から決定した。

スイングスターの混合性能をオーバル三枚後退翼、および当社 GL 撹拌翼であるツインスターと比較した結果を写真 1 , 2 に示す。実験では液粘度 0.001, 0.1 $Pa\cdot s$, 液深 H は H/D = 1.25の条件にて脱色の速さを比較した。スイングスターは、オーバ

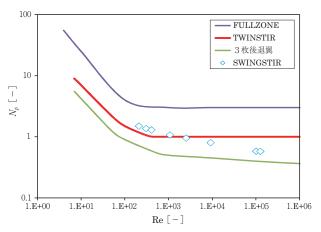


図5 撹拌動力線図 $(N_p - \text{Re }$ 線図)

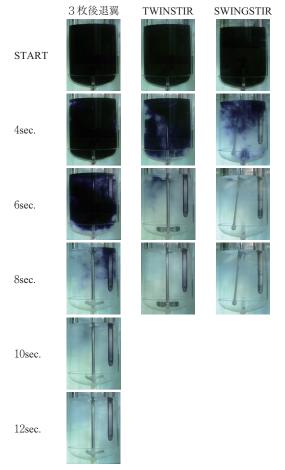


写真 1 混合経過の比較 $\mu = 0.001 \ Pa \cdot s \quad P_{\rm V} = 0.05 \ {\rm kW/m^3} \quad {\rm H/D} = 1.25$

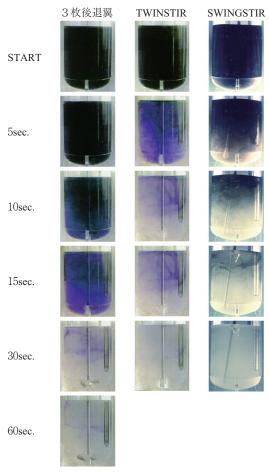


写真2 混合経過の比較 $\mu = 0.1 \ Pa \cdot s \quad P_{\rm V} = 0.05 \ {\rm kW/m^3} \quad {\rm H/D} = 1.25$

ル三枚後退翼に比べ混合速度が1.5~2倍速く.ツ インスターと同等である。

また様々な液粘度にて同様に混合試験を実施し, 混合時間を $n \cdot \theta m$ - Re線図で整理し、各撹拌翼の それと比較した結果を図6に示す。スイングスター は、ツインスターとオーバル三枚後退翼のほぼ中間 的特性を有する。

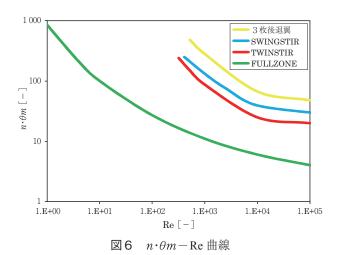
以上の結果からスイングスターは、従来のオーバ ル三枚後退翼やツインスターとほぼ同等の混合性能 を有している。

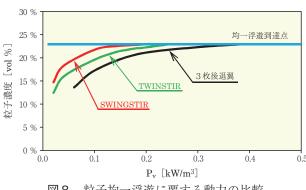
2.3 流動解析

汎用熱流体解析コード FLUENT14.0 (ANSYS 社) をもちいて解析を行った結果を紹介する。乱流モデ ルは標準 $k-\varepsilon$ モデルを使用し、混合試験を再現す るため以下の手法で解析を実施した。

- ・最初に流れ場を作成し、収束確認後、その時刻 を t = 0 として
- ・作成した流れ場の液面付近の領域を脱色剤を模 擬したトレーサーに置換え、時間間隔を2.5× 10-3秒として計算を行い、各時刻でのトレー サー濃度を求めた。

スイングスターの流動解析によって得られた容器





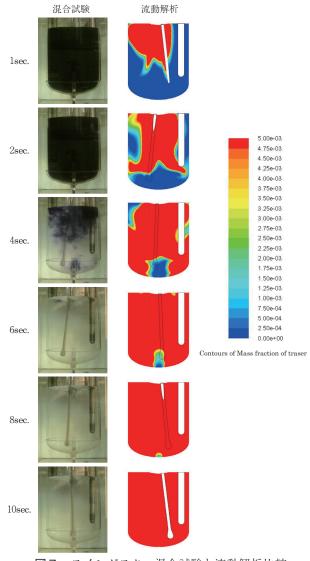
粒子均一浮遊に要する動力の比較 図8

中心とバッフルを含む断面の各時間におけるトレー サー濃度コンターを図7に示す。実際の混合試験結 果と比較すると、混合試験における脱色状態と近似 している。今後, 撹拌条件の検討, 翼形状の改善な どに流動解析を活用していく予定である。

2.4 異相系撹拌特性

2.4.1 固液系撹拌

固液系撹拌の特性評価のためイオン交換樹脂の懸 濁実験を実施した。粒子濃度をかさ体積で23%と し. スイングスター. ツインスター. オーバル三枚 後退翼それぞれについて回転数を段階的に変化させ て粒子の浮遊状態を比較した。液表面近傍で粒子濃 度を測定し、単位容積当たりの動力に対してプロッ トした結果を図8に示す。低動力域ではあるが、ス イングスターはツインスターの約80%. オーバル 三枚後退翼の約50%の動力で粒子の均一浮遊が可 能である。



スイングスター混合試験と流動解析比較

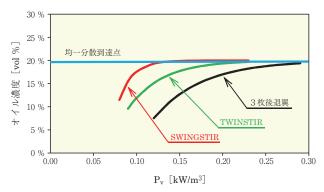


図9 液滴均一分散に要する動力の比較

表3 スイングスターの標準仕様(本体)

設計圧力	F.V. / 0.10 MPa(圧送)
設計温度	-20-+130 ℃
適用法規	消防法
材質	グラスライニング、ステンレス鋼、その他特殊 金属(フレキシブルシール接ガス部は PTFE)

表4 スイングスター反応機の標準寸法

呼称容量 [L]	100	200	500	1 000
本体内径 D1 [mm]	500	600	800	1 000
外套内径 D2 [mm]	600	700	900	1 100
全高 H [mm]	1 900	2 100	3 000	3 300
最高回転数 [rpm]	135	135	117	103
モータ定格出力 [kW]	0.4	0.4	0.75	0.75

2.4.2 液液系撹拌

液液系撹拌の特性評価のため、20 vol%のケロシン(密度790 kg/m³)と水を撹拌槽に満たし、固液撹拌試験と同様にそれぞれ3種類の撹拌翼について回転数を変化させて、液滴の分散状態を観察比較した。撹拌槽、鏡部 T.L. 近傍でケロシン濃度を測定して、単位容積当たりの動力に対してプロットした結果を図9に示す。低動力域ではあるが、スイングスターはツインスターの約70%、オーバル三枚後退翼の約55%の動力で均一分散が可能である。

3. スイングスターの特長と適用分野 【形状】

- ・摺動部のないシール
- ・旋回運動による撹拌
- ・扁平断面のシンプルな撹拌翼

【特長】

- ・フレキシブルシールによりコンタミのリスクがな い。
- ・ツインスターと同等の混合性能を有する。
- ・ツインスターの70-80%の動力で粒子の均一浮

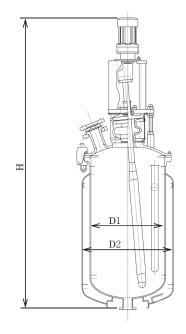


図10 スイングスター反応機の標準寸法

遊および液滴の分散が可能である。

・シンプルな形状で、洗浄性が良好である。

【適用分野】

・コンタミレス,洗浄性が重視される医薬・電子材料などのファインケミカル分野

【標準仕様および参考寸法】

・スイングスターの標準仕様および参考寸法を表3.4. 図10に示す。

むすび

本稿では無摺動クリーン撹拌機『スイングスター』について、その開発過程および実験で確認した 撹拌性能を紹介した。ここに紹介したスイングスターがユーザ製品のさらなる高付加価値化に対する問 題解決につながれば幸いである。

今後も製品の開発,改良をとおしてユーザ各位の製品品質の向上,生産性の向上に役立ちたいと考える。

[参考文献]

- 1) 菊池雅彦ほか:神鋼パンテツク技報 vol.35, No.1
 (1991), p.6
- 2) 中村隆彦ほか:神鋼パンテツク技報 vol.45, No.1 (2008), p.33
- 3) SHINJI NAGATA: MIXING Principles and applications (1975), p.8
- 4) 中原一郎: 実践材料力学 (1994), p.10 養賢堂
- 5) 日本機械学会編:機械工学便覧 B4 材料学·工業 材料 (1987), p.130 日本機械学会
- 6) 日本材料学会編:機械材料学(5版)(1994), p.310, p.313, 日本材料学会

^{*}プロセス機器事業部 技術部 開発室

重力式高速自然ろ過装置の処理特性

The Processing Characteristic of a Gravity Type Accelerated Velocity Biocontact Filter



熊野 晋* Susumu Kumano



石丸 豊**
Yutaka Ishimaru 技術士(総合技術監理 部門,上下水道部門)



藤本瑞生** Mizuki Fujimoto

比較的清澄な地下水を対象として馴養済ろ材と新品ろ材を用いた重力式自然ろ過装置による処理特性をマンガン,鉄,アンモニア態窒素で確認し,馴養済ろ材は通水1週間で処理可能であったが,新品ろ材でも2週間程度の短期間で処理が安定していることを確認した。また,ろ過速度を500 m/d (20.8 m/h)まで上昇させても処理特性は安定していることを確認した。さらに,生物に必要な酸素の供給は,ろ過装置への原水投入の落差のみでDOを確保でき,処理も安定していた。

Verify manganese, iron, ammonia nitrogen properties processing apparatus according to a gravity type biocontact filter using a filter material and new filtration media already acclimatized as for groundwater clear comparatively, there can be processed in a week water passing through the filter media pre-acclimatized, but it was sure that the process is stable in a short period of about two weeks in the new filter material. It also makes sure that the process is stable may be increased 500 m/d (20.8 m/h) linear velocity. In addition, the DO can be ensured only to drop the raw input filtration device, the supply of oxygen required for the biological process was stable.

Key Words:

地	٦	水	
マ	ンガ	ン除	去
重	力	ろ	過
高	į	耟	化
低	L	C	C
鉄	バク	テリ	ア
生	物	処	理

Groundwater
Manganese removal
Gravity type filter
Accelerating
Low LCC
Iron bacteria
Biological treatment

まえがき

地下水は一般的に水温も安定し、清澄で良質な水質のため、水道水源として好適である。しかし、水源によっては、濁度・鉄・マンガン・アンモニア態窒素など浄水処理を必要とする成分を含有する。某浄水場では、気曝、凝集沈澱、接触酸化ろ過といった組合わせたプロセスで行われている。

施設更新が検討されており、処理方式の簡略化、薬品や動力等のユーティリティ低減など維持管理性を考慮した設備が望まれている。

当社はこのニーズに応え、鉄バクテリアなどの微生物を利用した生物接触ろ過設備(以下,自然ろ過設備と称する)の適用を考えた。本方式は1993年に上水道として初の京都府城陽市に自然ろ過設備(浄

水量 $11\ 100\ m^3/d$)として納入された。その他多くの 実績を有するが、開発当初は $70\ m/d$ であったもの を数年前に急速ろ過レベル($120\ m/d$)とし、水質 によってはろ過速度を $500\ m/d$ まで高速化可能であった。

ろ過速度が高速になれば設備がコンパクトとなり、設置面積の縮小が可能となり、Life Cycle Cost (以下, LCC) 低減にも繋がる。そこで、本研究では、地下水を水源とした浄水場に着眼し、鉄バクテリア等の微生物を利用した重力式生物接触ろ過装置の高速化による処理特性を確認することを主たる目的として、実証実験を行った。

1. 鉄バクテリアによる自然ろ過法の概要 1.1 鉄バクテリアろ過池による処理

鉄バクテリアろ過池(自然ろ過池)は、ろ過池内に生物を付着するためのろ材を充填し、そのろ材に浄化能力を有する生物を増殖させ通水することで水中から対象とする物質を除去する方式である。一般に、原水中には存在する物質を処理する生物が自然に存在しているため、ろ過池内に原水を通水する



と, 生物が付着し, 時間とともに増加し浄化能力が 高くなり, 除去対象物質が低減するようになる。

1.2 特 徵

鉄バクテリアろ過(自然ろ過)では、酸化剤(次 亜塩素酸ナトリウム)や凝集剤(PAC)を使用する ことなく、鉄・マンガンが水中から低減除去され る。消毒剤(次亜塩素酸ナトリウム)を除き薬品を 添加しないため、より安全で地下水本来のおいしい 水が得られるという長所がある。生物による処理で あるため、一般的には水温や水質の変化に比較的影響を受けやすいが、地下水は水温や水質が年間を通 してほぼ一定であることから適用例が多い。

2. 実証実験の概要

2.1 原水の水質および処理対象物質

今回実証実験を行った浄水場における2009年度の原水中の水質を水道基準値と併せて表1に示す。なお、通年通じてほとんど検出下限値未満の項目は除外している。表1に示したように、比較的清澄な水質であり、マンガンおよびその化合物のみ水質基準を超えていた。そこで、鉄バクテリアろ過法単独での処理が適用できると考えた。ここで処理対象物質としてはマンガンおよびその化合物のみと判断できるが、実験においてはろ過および生物処理に関わるるが、実験においてはろ過および生物処理に関わるるが、実験においてはろ過および生物処理に関わるるが、実験においてはろ過および生物処理に関わるるが、実験においてはろ過および生物処理に関わるるが、実験においてはろ過および生物処理に関わるるが、実験においてはろ過および生物処理に関わるるが、実験においてはろ過れまで生物処理に関わるるで、マンガンおよびその化合物、チンモニア態窒素の4項目を中心に調査した。表2に実験期間中の原水中の濁度、マンガンおよ

表1 原水水質(2009年度年報)

項目	単位	最 大	最 小	平 均	基準値
硝酸態窒素および亜硝酸態窒素	mg/L	1.08	0.22	0.63	<10
アルミニウムおよびその化合物	mg/L	0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.2
鉄およびその化合物	mg/L	0.05	0.02	0.04	< 0.3
マンガンおよびその化合物	mg/L	0.86	0.42	0.6	< 0.05
塩化物イオン	mg/L	7.7	6.7	7.3	< 200
ジェオスミン	mg/L	< 0.000001	< 0.000001	< 0.000001	< 0.00001
2-メチルイソボルネオール	mg/L	< 0.000001	< 0.000001	< 0.000001	< 0.00001
TOC	mg/L	0.9	0.4	0.6	<3
色度	度	2	<1	<1	<5
濁度	度	0.4	< 0.1	< 0.1	<2

表2 実証実験中の原水水質

項目	単位	最 大	最 小	平 均	基準値
鉄およびその化合物	mg/L	0.19	< 0.01	0.025	< 0.3
マンガンおよびその化合物	mg/L	0.64	0.23	0.31	< 0.05
アンモニア態窒素	mg/L	0.08	< 0.02	0.04	_
TOC	mg/L	0.6	0.5	0.5	<3
色度	度	2	<1	<1	< 5
濁度	度	0.2	< 0.1	< 0.1	<2

びその化合物, 鉄およびその化合物, アンモニア態 窒素の水質を示す。

2.2 実験装置フローおよび諸元

実験装置のフローを図1,装置諸元を表3に示す。また、実験装置の外観を写真1に示す。

某浄水場内に設置し、対象原水は地下水 (浅井戸) である。また、実験は2011年6月8日から2012年6月25日まで行った。

原水は既設原水配管から分岐し,実験装置内の原水調整槽へ圧送される。その後,原水調整槽の原水をポンプアップし,ろ過塔へ流入する。流入された原水は下向流でろ材内を通過し,生物酸化処理と物理ろ過により処理水が得られる。

3. 検討項目

本実験は下記を主眼として検討を行った。

① 馴養期間の確認

生物処理の場合は馴養が必要である。そのた

め、馴養期間について、馴養済と新品の2種類の ろ材を用い、処理性能の比較により評価した。

② ろ過速度の高速化

ろ過速度を高速化した処理性能について評価した。

③ 生物処理に必要な酸素量の確認

生物処理には酸素が必要である。酸素を確保するために、落差による酸素曝気のみでの処理可能性について評価した。

4. 実験結果

4.1 馴養期間の確認

る材としてアンスラサイトを用い, I系に新品ろ材, II系に馴養済ろ材を充填して馴養期間の短縮性の評価を行った。評価指標としては, 生物処理によって処理されるマンガン, 鉄, アンモニア態窒素の3項目とした。

馴養期間の短縮性調査における実験条件を**表4**に 示す。

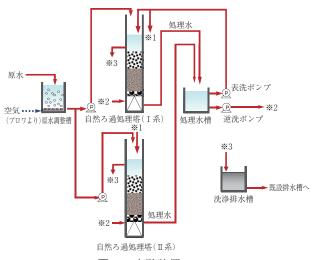


図1 実験装置フロー

表3 実験装置諸元

自然ろ過塔
ロボン河が
型式 PVC 製円筒竪型
答数 2 塔
†法 200 mm φ × 3 500 mmH
下向流式
40∼500 m/d
アンスラサイト(有効径1.5 mm) 300 mmH
ろ過砂 (有効径0.6 mm)400 mmH
支持砂利 200 mmH
有孔ブロック



写真1 実験装置外観

表4 実験条件

	I 系	Ⅱ 系		
	アンスラサイト	アンスラサイト		
ろ材	(新品)	(馴養済)		
	ろ過砂 (新品)	ろ過砂 (新品)		
ろ過速度	70 m/d			

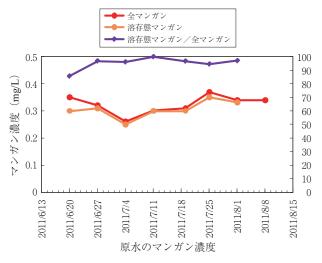
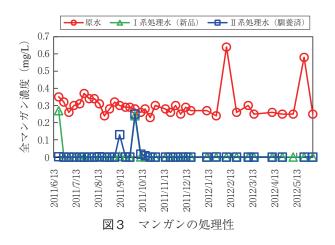


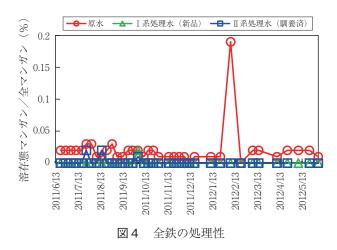
図2 全マンガン中の溶存態マンガンの比率



4.1.1 マンガンの処理性

図2に全マンガン濃度中の溶存態マンガン濃度の割合を示す。原水の全マンガンと溶存態マンガンの濃度、および全マンガンに占める溶存態マンガンの割合は95%以上が溶存態であった(6月20日~8月1日の平均)。そのため、評価は全マンガンにより行った(以降、マンガンと記す)。

図3にマンガンの処理性を示す。原水のマンガン 濃度は0.26~0.37 mg/L(平均0.32 mg/L)で、これ に対し馴養済ろ材(II系)では、通水後1週間で分 析下限値(0.001 mg/L)未満となり、処理は安定し ていることを確認した。また、I系においても、原 水中の有用微生物の存在により、通水開始から2週間で分析下限値(0.001 mg/L)未満となり、処理は 安定していた。以上より、馴養済ろ材の使用による マンガン除去に関する馴養期間の短縮効果を確認 し、また新品ろ材でも原水中の有用微生物の存在に より、2週間程度の短期間で処理が安定しているこ とを確認した。



<u>▲</u> I 系処理水 (新品) ■ II 系処理水 (馴養済) (mg/L) 0.5 0.4 アンモニア態窒素濃度 0.3 0.2 0.1 Ġ A 2011/8/15 2011/7/19 2011/8/8 2011/7/25 2011/6/202011/6/27 7711 1/8/1 図5 アンモニア態窒素の処理性

4.1.2 鉄の処理性

図4に全鉄の処理性を示す。原水の全鉄濃度は0.01~0.03 mg/Lと低く、処理水の全鉄濃度はI系、II系とも通水後1週間で分析下限値(0.01 mg/L)未満であることを確認し、いずれのろ材でも短期間で処理は安定していた。

4.1.3 アンモニア態窒素の処理性

図5にアンモニア態窒素の処理性を示す。原水のアンモニア態窒素濃度は0.06~0.11 mg/L(平均0.07 mg/L)で、I系において、通水後1週間では処理水中に残留が見られたが、通水開始から2週間後までに分析下限値(0.02 mg/L)未満となった。II系では、通水後1週間で分析下限値(0.02 mg/L)未満を得た。以上より、馴養済ろ材の使用によるアンモニア態窒素の除去に関する馴養期間の短縮効果を確認し、また新品ろ材でも原水中の有用微生物の存在により、2週間程度の短期間で処理が安定していることを確認した。

4.1.4 ろ材中の生物菌数調査

ろ材中の生物菌数はポリメラーゼ連鎖反応(polymeraze chain reaction; PCR)を利用した DNA 分子

の特定の領域を増幅させる方法で測定した。**図6**に ろ材中の生物菌数の測定結果を示す。

I系と II系を比較すると,通水開始から17日後の2011年6月27日の結果では,I系の全菌数はろ材1gあたり1E+08~9個存在しているのに対し,II系はワンオーダー高く1.00E+09~10個であった。ここで,I系と II系で全菌数,アンモニア酸化細菌である AOA,亜硝酸酸化細菌である Nitrospira,鉄・マンガン酸化細菌である Crenothrix polyspora, Pedomicrobium & hyphomicrobium, Galionella は II系の方がいずれも菌数が多い。しかし,I系の処理水質は全鉄,マンガン,アンモニア態窒素においてそれぞれ分析下限値未満であることを確認した。このことから本原水の有用微生物の存在により,新品ろ材でも短期間で生物が繁殖して,安定した処理が行われていたことが生物菌数調査でも確認された。

4.2 ろ過速度の高速化による処理性能の確認

原水中には不溶解物質がほとんどなく,溶解性であればろ過速度を上昇させた運転が可能と考えられる。そこでろ過速度を上昇させて処理性の確認を行った。なお、II系は途中で新品ろ材に変更し、I系

の処理性を確認しながらろ過速度を上昇させた。また、ろ過速度は240 m/d から500 m/d まで順次上昇させ、対象項目は、濁度、マンガン、全鉄、アンモニア態窒素とした。

4.2.1 濁度の処理性

図7に濁度の処理性を示す。原水濁度は0.1度未満から0.2度の範囲(平均0.1度未満)にあった。これに対し、I系、II系ともすべてのろ過速度で処理水濁度は0.1度未満であり、濁度の処理は安定していた。

4.2.2 マンガンの処理性

図8にマンガンの処理性を示す。原水のマンガン 濃度は2点0.6 mg/L 程度が検出されたが、概ね0.2 ~ 0.3 mg/L の範囲を推移していた。これに対し、処理水はろ過速度を上昇させても概ね検出下限値 (0.001 mg/L) 未満であり、マンガンの処理は安定 していた。なお、マンガンについてはろ過速度を 580 m/d で 3 日間連続通水して処理性を確認し、処理水は検出下限値未満と処理は安定していた。

4.2.3 全鉄の処理性

図9に全鉄の処理性を示す。原水は1点0.19 mg/

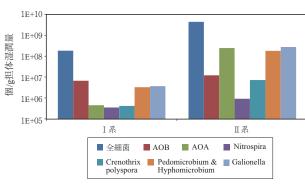
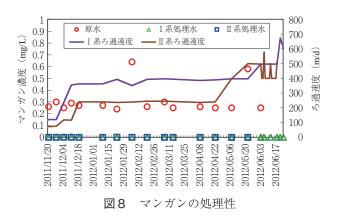
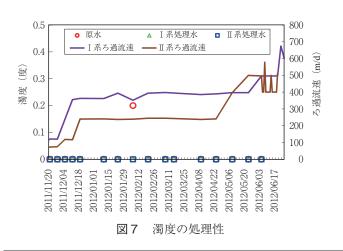
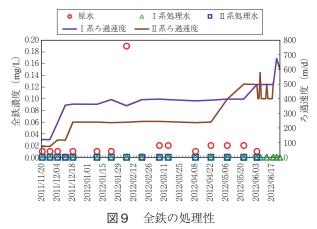


図6 ろ材中の生物菌数の測定







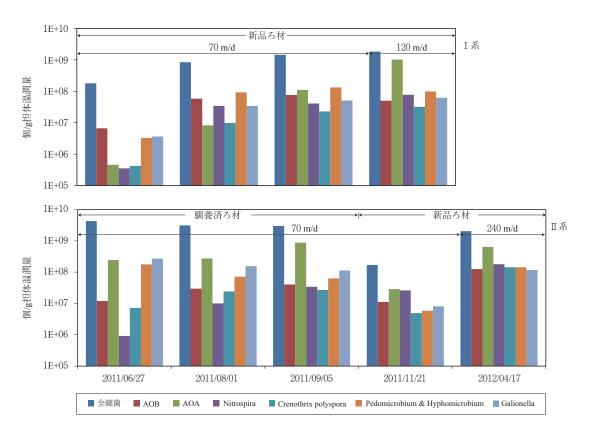
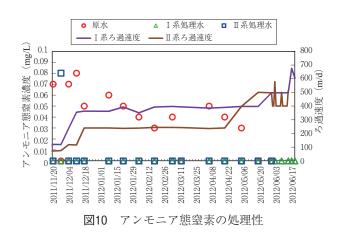


図11 ろ材中の生物菌数測定結果



Lを検出したが、概ね $0.01\sim0.02~mg/L$ の範囲を推移していた。これに対し、処理水はろ過速度を上昇させても概ね検出下限値(0.01~mg/L)未満であり、全鉄の処理は安定していた。

4.2.4 アンモニア態窒素の処理性

図10にアンモニア態窒素の処理性を示す。原水は $0.03\sim0.08$ mg/L の範囲を推移していた。これに対し、処理水はろ過速度を上昇させても検出下限値 (0.02 mg/L) 未満であり、アンモニア態窒素の処理は安定していた。

4.2.5 ろ材中の生物菌数の調査

図11にろ材中の生物菌数の測定結果を示す。ろ過速度の高速化による評価を行うために、I系とⅡ系を同じろ材条件とするため、Ⅱ系の馴養済ろ材を新品ろ材に2011年9月7日に交換した。そのため、11月の測定値は9月の測定値よりも低くなっている。しかし、原水中の有用微生物の存在により生物が繁殖していることを再確認できた。また、その後Ⅰ系、Ⅱ系でろ過速度を上昇させても生物数には大差がなく、ろ過速度の生物数への依存は見られなかった処理性も良好なことより、ろ過速度変動に対応可能であると考えられる。また、生物酸化は必要な接触時間は短時間で可能と考えられた。

4.3 生物処理に必要な酸素量の確認

生物に必要な DO を確保するために、多くの浄水 場では曝気ブロワを設置している。本方式の場合 は、下向流で原水を投入するため、落差による DO を確保できる可能性がある。そこで、曝気ブロワを 運転、停止による処理性を調査した。

4.3.1 調査方法

曝気ブロワの運転を通水開始時から2011年11月7日まで行い、その後は曝気ブロワを停止した。そして、マンガンの処理性で評価を行った。

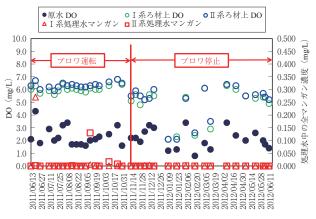


図12 DOの推移とマンガン濃度

4.3.2 実験結果

図12に原水, I 系および II 系のろ材上の DO の推移, I 系および II 系の処理水中のマンガン濃度を示す。

原水 DO は、曝気ブロワ運転の有無にかかわらず $1 \sim 4 \, \text{mg/L}$ 程度を推移していた。

ここで、曝気ブロワ運転時はろ材上のDO は原水より高く、I 系およびII 系とも常時 6 mg/L 程度を維持しており、新品ろ材に交換後1週間程度では処理水中にマンガンは残存しているが、マンガン処理は安定していた。また、曝気ブロワ停止後でも運転時よりもろ材上のDO は低いが、原水よりも高く、 $2\sim6$ mg/L 程度のDO が確保された。このときのマンガン処理も安定しており、ろ過塔上部からの落差のみで、DO を確保できることがわかり、低LCCの実現が大いに期待された。

おすび

不溶解性物質がなく比較的清澄な地下水を対象

に,重力式自然ろ過装置による処理を行い,以下の 結果が得られた。

1) 馴養期間

新品ろ材と馴養済ろ材を用い、馴養期間を確認したところ、馴養済ろ材では1週間程度で処理は安定していた。しかし、新品ろ材でも原水中の有用微生物の存在により、2週間程度の短期間で処理が安定していることを確認した。これにより従来1カ月以上と想定されていた馴養期間が水質によっては短期間となることがわかった。

2) ろ過速度の高速化による処理性

ろ過速度を500 m/d まで上昇させた結果, 濁度, マンガン, 全鉄, アンモニア態窒素の各処理性は安定していた。本原水のように溶解性マンガン鉄が主たる除去対象の場合は高速化が可能であると言える。

3) 生物に必要な酸素量

生物処理に必要な DO 確保のため、曝気ブロワを 運転、停止させて調査した結果、原水のろ過塔から の落差によって処理に必要な DO を確保でき、マン ガン、アンモニア態窒素の処理も安定していた。こ れにより、低 LCC の実現がおおいに期待された。

以上より、短期間の馴養期間で更新が容易となり、ろ過速度の高速化による装置の小型化、さらには曝気ブロワも不要と考えられることで、低LCCを実現できる。今後、維持管理の容易な地球環境にやさしい提案を行い、ユーザーのニーズに応えていきたい。

末筆になりましたが、本実証を行うに際し、多大 なご協力とご理解を賜りました関係事業体の方々に 感謝の意を表します。

^{*}商品市場・技術開発センター 水・汚泥技術開発部 水処理室 ***水処理事業部 上下水技術部

鉄バクテリアろ過・交野市星の里浄水場 〜井戸水への生物接触ろ過の導入〜

Biological Filtration Introduced to "HOSHINOSATO JOSUI JO"



玉井秀恭*
Hideyuki Tamai
技術士

鉄,マンガン,アンモニア態窒素の濃度が高い原水に対し、鉄バクテリアを利用した生物接触ろ過を導入した。その結果、薬品使用量や脱水汚泥量を軽減できるとともに、安全でおいしい水を供給できた。

The Raw-water including rich iron, manganese and ammonia nitrogen is purified to tap water with iron bacteria biological filtration. As a result, the volume of chemical consumption and dehydrated cake is reduced.

Key Words:

生 物 接 触 ろ 過 鉄 バ ク テ リ ア 除鉄除マンガン処理 アンモニア態窒素 ろ 過 速 度

Biological filtration
Iron bacteria
Iron & manganese removal processing
Ammonia nitrogen
Linear velocity

【セールスポイント】

- ・細菌を利用した生物接触ろ過
- ・ろ過速度120 m/d による処理
- ・薬品使用量を1/10以下とした

まえがき

大阪府交野市は、浄水の水源として、古くから市内各所の井戸水を利用してきた。井戸水には鉄、マンガン、アンモニア態窒素が含まれている。既設設備では、これらを前塩素添加+凝集沈殿+急速ろ過の処理方法にて浄水を供給してきた。しかし、施設の老朽化に加え、市民からの安全でおいしい水への要求にこたえて、当社の生物接触ろ過+急速ろ過設備を導入し、2012年9月より給水開始した。

1. 施設概要

図1に交野市星の里浄水場の概略フロー,写真1に浄水場全景,表1に施設概要を示す。星の里浄水場は、22 500 m³/d の施設能力を持ち、交野市全域に浄水を供給している。市内19カ所の井戸から汲上げられた原水は、一旦私市ポンプ場へ集約した後に、導水ポンプにて星の里浄水場へ送水される。

星の里浄水場では、原水を原水調整池にて滞留させることで、各井戸により異なる水質を平準化するとともに、機械曝気にて溶存酸素濃度の調整を行

い、後段の生物処理に備える。写真2に生物接触ろ 過池の全景を示す。生物接触ろ過池では、ろ材に生 息する細菌の働きにより、原水に含まれている鉄、 マンガン、アンモニア態窒素を無薬注で処理する。 写真3に急速ろ過池を示す。生物接触ろ過池の後段 に設置された急速ろ過池では、マンガン砂の働きに より、生物接触ろ過池にて除去仕切れなかった鉄を 主に除去している。各ろ過池から出る洗浄排水は、排水池、濃縮槽にて濃縮、分離される。分離された上澄み水は、それぞれ原水調整池や急速ろ過池前の混和池に返送され、設備全体としての効率を向上させている。濃縮された汚泥は、フィルタープレス型脱水機にて脱水される。このときの脱水ケーキの含水率はほぼ60%である。

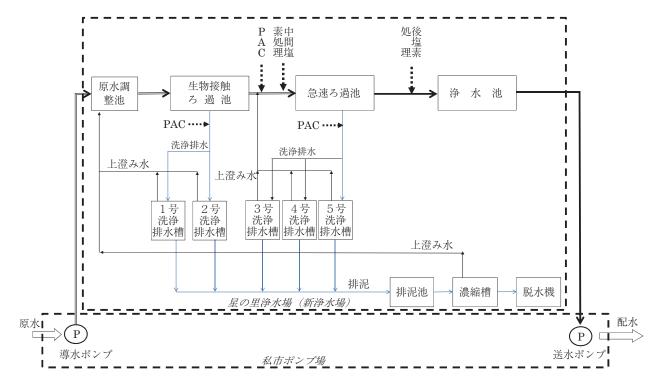


図1 従来の冷却水管理システム



写真1 全景

表1 星の里浄水場 施設諸元

	女 主 生 ツ 主 に	P / Com NEIXTH / C
設 備 全 体	計画水量 水源 浄水フロー	22 500 m³/d 地下水(深井戸水) 生物接触ろ過/急速ろ過
原水調整池設備	主要設備	曝気ブロワ, 散気装置
生物接触ろ過設備	主要設備 ろ過池仕様 池数 ろ過速度 ろ材構成 洗浄方法	生物接触ろ過池 自然平衡型重力ろ過池 6池 120 m/d アンスラサイト 400 mm/ろ過砂 300 mm ダイレクト表洗/表逆洗/逆洗
急速ろ過設備	主要設備 ろ過池仕様 池数 ろ過速度 ろ材構成 洗浄方法	急速ろ過池 自然平衡型重力ろ過池 4池 240 m/d マンガン砂 600 mm 表洗/表逆洗/逆洗
	主要設備 薬注ポンプ仕様 薬品種類	薬品タンク、薬注ポンプ 一軸ネジポンプ PAC、次亜塩素酸ナトリウム
薬 注 設 備	PAC 添加点	急速ろ過池前混和池 生物接触ろ過池排水配管 急速ろ過池排水配管
	次亜添加点	急速ろ過池前混和池 浄水池前配管
排水排泥設備	主要設備	排水池 (5池),排泥池 (2池)
濃縮脱水設備	主要設備 濃縮槽型式 脱水機型式 ろ室数	濃縮槽(2池),脱水機(2機) 中央懸垂型掻き寄せ機つき重力濃縮 フィルタープレス式 60 室/機



写真2 生物接触ろ過池

2. 施設の特徴

2.1 生物接触ろ過池の採用

交野市の原水は、井戸水であり、主に溶解性の 鉄、マンガン、およびアンモニア態窒素が含まれている。既設浄水場では、これを前塩素にて化学酸化 し、後に続く凝集沈殿、およびマンガン砂による急 速ろ過にて処理していた。当社は、この井戸水を用 いて長期間実証実験を行い、鉄バクテリアを利用し た生物接触ろ過池+マンガン砂を用いた急速ろ過に より浄水処理が行えることを確認し、設計に反映した。



写真3 急速ろ過池

2.2 生物接触ろ過とは

本施設の特徴である生物接触ろ過設備には、鉄バクテリアや硝化細菌が生息している。鉄バクテリアは、自然界に生息する細菌で、地下水の湧水中などに見られる。細菌の働きにより、原水中に溶解している鉄やマンガンは、酸化され、懸濁体となり、ろ過による物理的除去、あるいは生物に取込まれ除去される。一方、アンモニア態窒素は、硝化菌の働きにより亜硝酸態を経て硝酸態窒素となる。

ろ過池は、自然平衡形の重力ろ過であり、アンス

ラサイトとろ過砂による2層ろ過としている。鉄は、主に表層付近で除去され、マンガン、アンモニア態窒素は、層内部で除去されていることが判っている。原水である井戸水にはほとんど溶存酸素が無いため、そのままでは細菌が活動できない。そこで、前段の原水調整池において、堰落ちによる空気の巻込み、および曝気ブロワによる強制散気を実施し、生物接触ろ過池流入水にて約7.0~8.0 mg/L での溶存酸素濃度とした。

一般に、生物接触ろ過池においては、原水に含まれる成分を栄養源として、細菌がろ層にて繁殖するため、流入する濁質負荷に対してより多くの負荷がる層に捕捉されることが知られている。この対策として、当社の生物接触ろ過池においては、ダイレクト表洗方式を採用している。通常の表洗は、ろ層が水没した状態で実施されるが、このダイレクト表洗は、ろ層が水面上に露出するまで水抜きを行った状態で表洗をすることで、表洗水がダイレクトにろ層を叩き、表面に多く生成する細菌の層を破壊し、洗浄効率を上げるものである。

表2 薬品使用量比較

	既設注入率 (2009年度実績)	新設注入率 (試運転期間平均)	低減率
次亜塩素酸ナトリウム	59.7 mg/L	6.3 mg/L	89.5 %
PAC	42.4 mg/L	8.4 mg/L	80.2 %

3. 導入による効果

3.1 薬品使用量の低減

表2に、新施設導入前後の薬品使用量の比較を示す。それまで化学処理にて行われていた鉄やマンガン、アンモニア態窒素の酸化を、生物接触ろ過池の細菌が行うことで、次亜塩素酸ナトリウムを20分の1以下に削減することができた。また、凝集剤であるPACは、急速ろ過前の混和池にて5 mg/L 程度のみ注入され、後段の急速ろ過池おける直接ろ過に寄与する。これらの変更により、PAC の注入量を既設の5分の1程度に削減することができた。

3.2 脱水汚泥量の削減

表3に脱水汚泥量を示す。

既設処理に比べて、PAC の注入量が低減したため、脱水ケーキの量が約5分の1となり、汚泥処分費を削減できた。

3.3 試運転時の水質

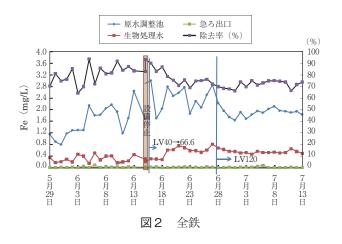
表4に試運転中のろ過速度(以降 'LV') 120 m/d の際の原水,生物接触ろ過池出口,浄水の主な水質を示す。既設処理に比べ,同等以上の水質が得ら

表3 汚泥量比較

	既設発生量 (2009年度実績)	新設発生量 (試運転期間平均)	低減率
脱水ケーキ量 (含水率約60 %)	25 t/m	4.5 t/m	82.0 %

表4 交野 星の里浄水場 試運転中の水質分析結果 総まとめ

		LV40 m/d (5/28~6/15) 平均	LV66.6 m/d (6/15~6/27) 平均	LV120 m/d (6/28~9/19) 平均	LV130 m/d (9/20~9/30) 平均	実験時平均 LV130 m/d	既設処理平均(2008年度)
	原水	3.2	5.8	7.2	4.3	12.5	3.6
濁度	生物処理水	0.9	1.5	1.3	0.9	0.9	_
(国)又	生物ろ過除去率	69	74	82	79	92.8	_
	浄水	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.2
	原水	28	56	59	48	34	12.3
色度	生物処理水	9	12	13	13	7	_
已反	生物ろ過除去率	60	72	78	73	80	_
	浄水	<1	<1	<1	<1	<1	< 0.5
	原水	1.6	2.4	1.83	2.03	4.19	4.00
鉄	生物処理水	0.3	0.5	0.42	0.56	0.44	_
业人	生物ろ過除去率	80	79	77	72	89	_
	浄水	0.02	0.01	0.01	0.01	< 0.01	< 0.03
	原水	0.37	0.39	0.28	0.29	0.38	0.30
マンガン	生物処理水	0.17	0.07	< 0.01	< 0.01	0.0012	_
V / // /	生物ろ過除去率	54	82	>99.9	>99.9	99.7	_
	浄水	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.001	< 0.005
	原水	0.6	0.7	0.58	0.76	0.62	
アンモニア態窒素	生物処理水	0.2	< 0.1	< 0.01	< 0.01	0.006	_
/ ノて一/ 忠全糸	生物ろ過除去率	67	>76	>98	>98	99.0	_
	浄水	< 0.1	< 0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.005	
イオン状シリカ	原水	22.6	_	53.6	_	55.9	_



れることが確認できた。

また、図2,3,4に試運転期間中の生物接触ろ過前後での鉄、マンガン、アンモニア態窒素の水質および除去率の推移を示す。生物の馴養運転として、生物接触ろ過池前後での水質、およびろ過池流入水中の溶存酸素濃度を監視しつつ、ろ過速度を徐々に上昇させることで、通水開始から約2カ月で定格のろ過速度であるLV120 m/d における目標水質を得ることができた。

4. 今後の展開

鉄、マンガン、アンモニア態窒素を含む原水に対し、アンスラサイト+ろ過砂の複層ろ過による鉄バクテリアろ過を用いることで、少ない薬品使用量で十分な浄水水質を得られることが判った。

今回の生物接触ろ過池のLVは,120 m/d であったが,ろ過速度は設備面積,ひいては設備コストに直結する数値である。今後は技術的な検討を積重





ね, さらに高い LV による安定的な処理を行えるように進めていき, 様々な浄水設備へ導入されるように努めたい。

以 上

^{*}水処理事業部 海外技術部

流動解析による加圧浮上装置の改良 浮上速度の高速化検討

Improvement of Pressure Floating Equipment by Flow Analysis Application of Higher Floating Linear Velocity in Pressure Floating Equipment







阿野真隆* Masataka Ano

我々は、設備のコンパクト化、コストダウンの目的のため、円型加圧浮上装置の処理性能向上を検討した。今回は流動解析により、円型加圧浮上装置の浮上速度の高速化が可能な、センターウェル、集水管形状を見出した。そして、その結果を実機採用し、成果が得られた。

We considered the processing performance gain of circle type floatation equipment for miniaturization of equipment, and the purpose of a cost cut. This time, we used flow analysis and found out centerwel and collector form which can accelerate the surfacing speed of circle type floatation equipment. And we applied the result to the system and were able to get the result.

Key Words:

流動解析 Flow analysis 円型加圧浮上装置 Circle type floatation equipment センターウェル Centerwel 集水管 Collector

【セールスポイント】

- ① 円型加圧浮上装置の浮上速度高速化により、設備のコンパクト化ができる。
- ② 設備のコンパクト化により、コストダウンができる。

まえがき

従来の円型加圧浮上装置処理流量を増加するため の検討結果を報告する。

円型加圧浮上装置の処理流量を表す因子として浮上速度(円型加圧浮上装置への時間当たり供給水量を円型加圧浮上装置面積で除したもの)があり、従来の浮上速度は

(供給水量 m^3/h) / (浮上面積 m^2) = 7-10 m/h である。これを

(供給水量 m^3/h) / (浮上面積 m^2) = 約15 m/h と高速化することを目標とした。

浮上速度の高速化により、円型加圧浮上装置の

コンパクト化とコストダウンが期待できる。

円型加圧浮上装置の高速化が可能な設備形状を数値シミュレーションによる流動解析を用い、検討した。

1. 円型加圧浮上装置の見直し点

1) 従来の円型加圧浮上装置

従来の円型加圧浮上装置の概要を図1に示す。

一般に円型加圧浮上装置の供給水は、除去対象と なる固形物 (スカム) を含む廃水と、加圧し空気を 溶解させた循環水との混合水である。

混合は円型加圧浮上装置流入配管内で行われ,このときに、循環水中に溶解していた空気は微細な気

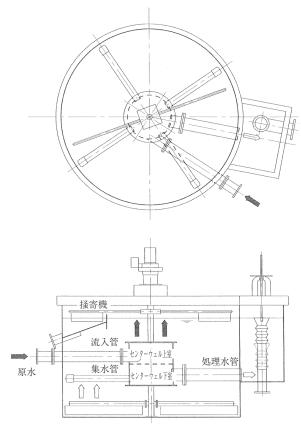


図1 従来の加圧浮上装置

泡として析出し排水中のスカムに付着する。空気が付着したスカムは見掛けの密度が小さくなり速やかに浮上することで、固液分離を行うことができる。

供給水は最初にセンターウェル上室に供給され、 上部の排出孔より円型加圧浮上装置中央部に放出され、放射状に槽外周へ流れる。空気が付着したスカムは槽水面に浮上し、汚泥掻取装置にて掻寄せられ槽外に排出される。スカムを除去した処理水はセンターウェル下室から槽外周に放射状に伸びた集水管に入りセンターウェル下室に集められ処理水管を通じ槽外に流出する。

2) 円型加圧浮上装置高速化のための改良点

円型加圧浮上装置の高速化のためには槽内の乱流 を抑えることが必要である。そのため従来より集水 均等性の良い集水管および偏流を起こし難いセンタ ーウェルを検討した。

2. 集水管形状の検討

1) ダブル D 型集水管

検討の結果、図2に示すダブルD型集水管を見出した。この集水管は集水が主に槽外周部で行われるため集水均等性の向上が予想された。

2) ダブル D 型集水管と従来型の比較 ダブル D 型集水管と従来型の比較のため、集水

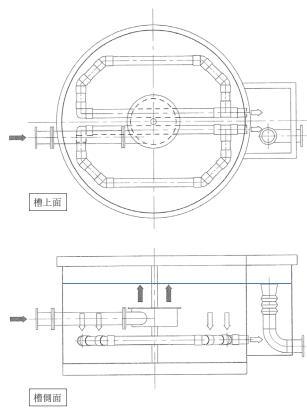
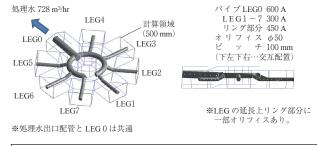


図2 ダブル D 集水管のイメージ図



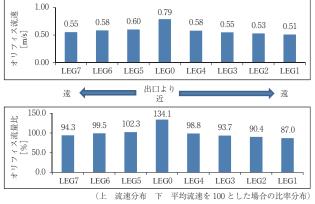


図3 従来型集水管解析結果

管流入流速を流動解析で計算した。

図 3 に従来型のモデルの、図 4 にダブル D 型集水管の計算結果を示す。

計算条件は、径8 700 mm の円型加圧浮上装置で

浮上速度7.5 m/h の条件とした。

従来型では0.51 m/s - 0.79 m/sの計算結果となり、平均値0.59 m/hを100 %とすると87-134 %の範囲で変動していた。ダブル D 型集水管では0.73 m/s - 0.75 m/sの計算結果が得られ、0.74 m/hを100 %とすると98.1-100.9 %の範囲の変動でとどまっていた。

したがって、ダブル D 型集水管は従来型と比べて集水均等性が良い結果を得られた。

このダブル D 型集水管にて浮上速度15 m/h で通水した状況を流動解析で確認する。

3) 浮上速度15 m/h での流動解析結果

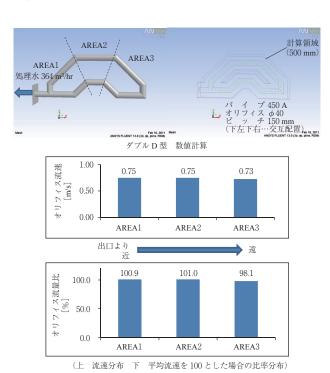


図4 ダブルD型の集水管解析結果

ダブル D 型集水管を使用し、浮上速度15 m/h で運転した場合の円型加圧浮上装置内流動状態を計算する。ここでは過去の納入実績の多い径3 800 mmの円型加圧浮上装置を計算条件とし、結果を図5に示す。

図5では浮上速度7.5 m/h と15 m/h でのダブル D 型集水管の流速を同じ表に示し, 均等性を比較した。

① 集水管オリフィスの均等性

集水管オリフィスの均等性を確認する。

浮上速度7.5 m/h では0.24-0.29 m/s, 平均値約 0.25 m/s を100 %とすると88-108 %の範囲で変動しており、浮上速度15 m/h では0.49-0.58 m/s, 平均値0.54 m/s を100 %とすると同様に88-108 %の範囲で変動しており、両者の均等性は同等であった。

② 円型加圧浮上装置側板下降流れ

センターウェルを出た供給水は槽水面を外周方向に流れ、側壁に当たり、底部への下降流となる。(図6流動解析断面図参照。)

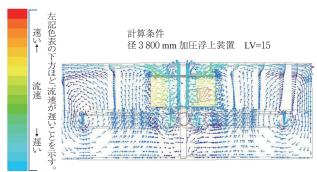


図6 流動解析断面図

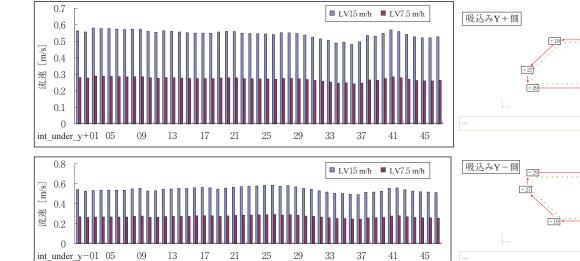


図5 ダブルD集水管, LV = 7.5 m/h と15 m/h の比較

× 10

浮上速度15 m/h 時の下降流速は7.5 m/h 時の約1.5倍となる結果を得た。

この流速が速い場合、スカムが集水管に引込まれるリスクが生じる。

以上の結果より、ダブル D 集水管は浮上速度15 m/h としても、浮上速度7.5 m/h と同等の均等性となることが確かめられた。

しかし, 円型加圧浮上装置側板下降流速低減は必要であり, この対策としてセンターウェル形状を検討した。

3. センターウェル形状の検討

1) 判定指標

浮上速度15 m/h 時の円型加圧浮上装置側板の下降流速が、ダブル D 型集水管、浮上速度7.5 m/h での流速と同等となるセンターウェル形状を検討した。

2) センターウェル取付水深

側壁下降流速抑制のためには、センターウェル出口孔から排出される供給水の流速を落とせば良い。

検討の結果、センターウェル取付水深を下げることで、下降流速が下がることが解った。流動解析結果を表1に示す。表記は、円型加圧浮上装置を、水深の浅い位置、中間位置、深い位置で輪切りにし、上下の流速を色分けした図である。

計算は引続き径3 800 mm の円型加圧浮上装置で 実施した。

表中に記すように紺色の部分が少ないほど、速い 下降流速が無いことを示す。この結果よりセンター ウェル取付水深を深くすることで、側板部の下降流 速を抑えられることが解った。

4. 実機への適用

以上の結果を、径2400 mm の加圧浮上装置の設計に反映させることになった。図7にその外形を示す。

1)集水管

径2 400 mm 円型加圧浮上装置の集水管形状は施工を考慮し、ダブル D 型の近似の四角形とした。

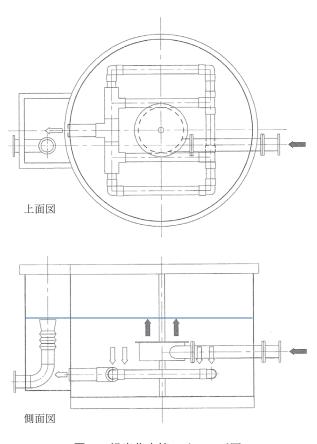


図7 提案集水管のイメージ図

表1 センターウェル取付位置の比較

次 1 センターウェル状内 位直の北牧									
	セン	/ターウェル取付水深 [r	- 結果						
	浅い	中間	深い	\rightarrow\rightarr					
水面より50 mm での 流動解析結果			₹.×	外周部に紺色のエリア無し。					
水面より100 mm での 流動解析結果		¥-x	Fr.	センターウェル取付 水深が深いほど、紺 色のエリアが少ない。					

表2 設計加圧浮上装置の流動解析結果

	集水管形状	通水流速	センターウェル	集水管均等性	流動解析結果	
	未小目心仍	[m/h]	n] 取付水深	平均流速を100 %とし	水面より50 mm	水面より100 mm
基準	ダブル D	7.5	浅い	87.7 ~ 123.7 %		
設計	四角形(ダブル D の周辺近似)	15	深い	82.1 ~ 110.3 %	E.	L.
結果	果			同等の均等性	紺色の部分がいずれも無し。	

2) センターウェル取付水深

センターウェル取付水深は深い位置とした。

表2にこの円型加圧浮上装置の流動解析結果を示す。

径2 400 mm 円型加圧浮上装置で浮上速度15 m/h が計算条件である。

表2に示すように、浮上速度15 m/h の通水条件であっても集水管とセンターウェル出口孔部流れの均等性、側板部下降流速とも浮上流速7.5 m/h と同等であることが解った。

むすび

従来円型加圧浮上装置の浮上速度7-10m/h を15

m/h での運転が可能な加圧浮上装置形状を流動解析 にて検討した。

- 1) その結果, 槽外周に沿った集水管, 設置水深を深くしたセンターウェルが良いことが解った。
- 2) 計算結果を実機に適用し、原水: SS 約500 mg/L, 処理水: SS20-30 mg/L の運転データを得た。
- 3)以上の結果より、流動解析による設備形状解析 は実機の改良検討に有効であった。

今後老朽化更新期を迎える装置の更新需要については,今回改良した円型加圧浮上装置および検討時に実施した流動解析を適用していき,拡販に繋げたい。

^{*}水処理本部 技術部第三技術室

ベトナム POMINA Steel 殿向け水処理設備

Water Treatment System for POMINA Steel



稲葉正毅* Masaki Inaba



中川 茂* Shigeru Nakagawa



星住勝彦* Katsuhiko Hoshizumi

当社は、2012年6月にベトナム POMINA Steel 殿電炉連鋳新工場向けに水処理設備を納入した。本案件は、当社の国内での経験と実績に基づき、ベトナム国内の製缶ベンダーや工事ベンダーを活用して設計・建設・試運転を実施した当社のベトナムにおける初めてのフルターンキー案件である。本水処理設備は、MS Indirect Cooling Water System、Closed Loop Cooling Water System、MS Direct Cooling Water System から構成されている。2012年3月より本格稼働し、現在、客先の要求性能を満足して順調に稼働しており、本稿にて紹介する。

Water Treatment System was delivered to the steel making plant invested by POMINA Steel in Vietnam in June 2012. This project was executed the design, manufacturing, and construction with Vietnamese manufacturer and sub-constructor based on our experience and know-how in Japan. This plant consists of MS Indirect Cooling Water System, Closed Loop Cooling Water System, and MS Direct Cooling Water System. The plant that met all customer's performance requirements has been successfully operated from March 2012. We would like to introduce you to this high-performance Water Treatment System as follows.

Key Words:

製鋼のサーム

Steel making plant

Vietnam

【セールスポイント】

当社で初めてのベトナム電炉メーカー向け水処理設備。 土木工事を含むベトナムでの新設工場向けフルターンキー案件。 ベトナム製缶ベンダーの採用。

まえがき

POMINA Steel 殿は、ベトナム国内で最大手の鉄鋼メーカーで、すでに製鋼・圧延など3か所の鉄鋼生産工場を有している。今回、POMINA Steel 殿は生産量増大を図るため、4か所目の新工場をPhu My工業団地内に新設した。POMINA Steel 殿新工場は、主に電炉、取鍋製錬、連続鋳造機から構成されており、生産能力は100万トン/年の予定である。本工場では、電炉にて鉄スクラップを溶解したのち、

取鍋製錬にて溶鋼中の不純物の除去および成分調整 され、連続鋳造機にてビレットを製造している。

当社は2010年8月からその水処理設備の設計・建設を開始し、試運転を経て2012年3月より工場の生産開始に合わせて水処理設備の稼働を開始した。

1. 設備の建設工程

水処理設備の建設は、2010年10月より杭打ち工事・土木工事を開始し、土木工事が完成すると順次機械設備工事、電気設備工事を行い、2011年12月よ



写真1 水処理設備全景(前方設備)

MS Indirect cooling water system

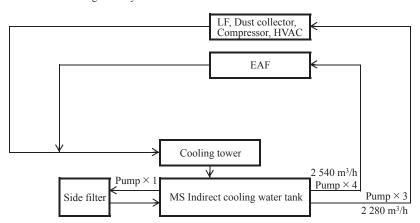


図 1 MS Indirect Cooling Water System

り試運転を開始した。2012年1月より工場への送水を開始し、2012年3月から電炉の稼働開始と合わせて水処理設備も連続運転を開始し、客先運転員への教育および引渡しを経て現在まで順調に操業を継続している。写真1に水処理設備の全景を示す。

2. 処理プロセス

2.1 システムの構成

本水処理設備は、主に MS Indirect Cooling Water System, Closed Loop Cooling Water System, および MS Direct Cooling Water System から構成される。 それぞれのシステムの説明を以下に示す。

2. 2 MS Indirect Cooling Water System (4 820 m³/h)

図1にこのシステムのフローを示す。本システムは、電炉(EAF)や集塵機(Dust collector)、コンプレッサーの冷却に使用する間接水系統で、冷却水はポンプで製鋼工場に送水され、電炉等の各種機器を間接冷却して温度が上昇して水処理設備に戻ってくる。このリターン水は、冷却塔にて冷却され冷却水として再利用される。また、大気中のダストが冷却塔を通じて循環水中に混入しSS濃度が上昇するため、Side Filter にて循環水を部分ろ過している。

2. 3 Closed Loop Cooling Water System (1 085 m³/h)

図2にこのシステムのフローを示す。本システムは、電炉のトランスフォーマーと連続鋳造機(CCM)のモールドの冷却に使用する間接水系統で、要求水質に従い循環水には軟水を使用している。製鋼工場で温度が上昇した循環水は、プレート式熱交換器で冷却され、冷却水として循環利用される。また、熱交換器の二次冷却水は、冷却塔にて冷却して循環利用している。

軟水は、Softenerで工水の硬度を除去して生産している。

2. 4 MS Direct Cooling Water System (765 m³/h)

図3にこのシステムのフローを示す。本システムは、連続鋳造プロセスの冷却に使用する直接水系統で、冷却水は製鋼材や製鋼機に直接かけられるため、スケールによる濁質や油分とともに水温が上昇して戻ってくる。スケールを含んだ循環水は、まずはスケールピットにて粒子の大きなスケールを沈殿させ、次に沈殿池にて細かい粒子のスケールを沈殿させる。その後、サンドフィルターにてさらに細かい粒子の不純物を除去した後、冷却塔にて冷却して循環再利用している。

スケールピットで沈殿除去された粒子の大きいスケールは、モノレールクレーンに取付けられたクラムシェルバケットにて系外に排出される。一方、沈殿池にて沈殿除去されたスケールは、汚泥ポンプで引抜き、Thickenerにて重力濃縮した後、フィルタープレス脱水機にて処理・除去される。

3. 主要水処理設備

次に、主要水処理設備の仕様、構造等について説明する。

3.1 ろ過器

本水処理設備には、5 基の Sand filter と 1 基の Side filter の計 6 基の圧力式高速ろ過器(寸法:3 200 mm ϕ × 2 400 mmSH)が設置されている。ろ層はアンスラサイトとろ砂の二層で構成されている。

Sand Filter は、処理量が200 m³/hで、直接系冷却水を全量ろ過しており、水中の SS を10 mg/L 以下に除去する。一方、Side Filter は、処理量が160 m³/hで、間接系冷却水を部分ろ過しており、水中の SS を 2 mg/L 以下に除去する。ろ層に捕捉された SS は、逆洗によってろ層中から取除かれ、逆洗排水槽に排水する。逆洗排水は、凝集剤を混和して粒子を大きくしてから Thickener で沈殿池の排泥とと

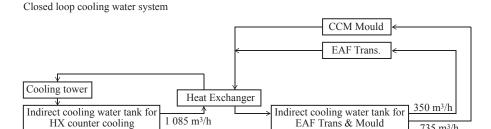


図2 Closed Loop Cooling Water System

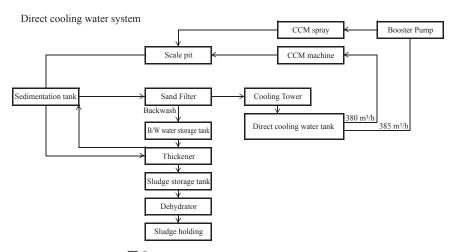


図3 MS Direct Cooling Water System



写真2 ろ過器



写真 3 MS Indirect Cooling Tower

もに濃縮し、脱水機にて脱水処理する。

これらのろ過器は、本社での設計のもと、ベトナムの製缶ベンダーを用いて製作した。**写真2**にろ過器の全景を示す。

3.2 冷却塔

本設備には計3種の冷却塔が設置されている。これらの冷却塔は当社製で、電動機は4P/6Pのポールチェンジタイプを採用し、リターン水の水温に応じてファンの回転数が切替わる制御をしている。また直接系にはスケールでの目詰まり防止のため、スプラッシュ型充填材を採用している。それぞれの冷却塔の仕様を以下に示す。

1) MS Indirect Cooling Tower 処理量:4740 m³/h,

温度条件:温水49℃—冷水35℃

2) HX Counter Cooling Tower

処 理 量:1085 m³/h

温度条件:温水42℃—冷水32℃



写真4 電炉用高架水槽



写真5 連続鋳造機用高架水槽

3) MS Direct Cooling Tower

処理量:850 m³/h

温度条件:温水50℃-冷水35℃

写真3にMS Indirect Cooling Towerの外観を示す。

3.3 非常用高架水槽

本水処理設備は、2か所の非常用高架水槽を有している。1つは、電炉用の高架水槽で、高さ45 mのRC製タワーである(写真4)。もう1つは、連続鋳造機用の高架水槽で、高さ40 mの工場屋根上に35 m³のステンレス製タンク2基が設置されている(写真5)。工場が停電になると、これらの水槽から自動的にそれぞれの設備に冷却水が供給され、非常用発電機が起動するまでの間の主機冷却に用いられる。

3.4 SCADA システム

水処理設備は、水処理設備内電気室に設置された SCADAシステムにて運転操作およびモニタリング している。SCADAシステムは、連続鋳造機の電気 室内にも設置しており、非常時等の運転に備えてい る。

むすび

今回 POMINA Steel 殿が新設した電炉・連鋳工場は、日本国内における同種工場と比較しても大型の設備であり、当社の経験と実績が結集した設備とい

える。

本件は、当社としてベトナム国内で初めてフルターンキー案件として納入した設備であるが、今後も当社の経験と技術を活かした水処理技術で、ベトナムのみならず東南アジアの環境保全および水処理技術の向上に貢献することができると考える。

最後に、計画段階から実負荷運転までの長期にわたり、多大な御指導および御協力を頂いた KOBELCO Eco-Solutions Vietnam スタッフー同にこ の紙面を借りて深く御礼申し上げます。

^{*}水処理事業部 海外水処理部



[KOBELCO ECO-SOLUTIONS VIETNAM]

ベトナムでは製鉄所、発電所の新規建設、工業団地の整備が数多く計画されており、当社は、これらに伴う水処理設備の建設に対応すべく2009年4月にベトナム事務所を開設、2010年11月に同事務所を現地法人化し、KOBELCO ECO-SOLUTIONS VIETNAM(以下 KESV)を設立しました。

会 社 名: KOBELCO ECO-SOLUTIONS VIETNAM CO., LTD.

会 長: 岡部裕志 (兼 株式会社神鋼環境ソリューション

取締役専務執行役員 海外プロジェクトセンター長)

社 長:杉本 浩

従業員数:42名うち日本人6名(2012年10月末現在)

資本金:84250000000ペトナムドン

主な事業内容:①水処理施設、廃棄物処理施設の製造・販売

②納入施設の運転維持管理

③工業団地運営事業

④ PPP 水処理事業等の運営

2011年12月には、ベトナムにおける溶融亜鉛メッキ鋼板、鋼管の有力メーカー MARUICHI SUNSTEEL より亜鉛メッキおよびカラー鋼板設備の排水処理設備を現地法人として初受注しました。その後、LOTTE VIETNAM より嫌気性処理設備増設工事を、YKK VIETNAM 社より用水・排水処理設備を受注し、順調に実績を増やしております。今後ベトナム進出を検討している日系企業に対しては以下のサービス体制を整えベトナムへの進出をサポートいたします。

- ① プラントの許認可 プラント建設時の建設許可や環境申請の助勢
- ② 水処理設備工事 日本での豊富な経験とノウハウを活かすとともに現地の状況とニーズに沿った設備を提案・設計・調達・施工
- ③ アフターサービス

納入後の運転管理、薬品・部品の供給、設備点検、包括維持管理契約など

KESV は、上記の産業排水処理設備のみならず、工業団地の用排水処理設備建設および運営事業、水インフラ整備、PPP 案件への取組みを進めており、今後 KESV を核に VIETNAM の発展に係る環境課題を SOLUTION する総合環境エンジニアリングサービス企業として、ベトナムの健全な工業化と環境保全に貢献していきます。





事務所写真



Pomina Steel



MARUICHI SUNSTEEL



展示会写真

日系の日系による日系のためのロンドウック工業団地

ベトナムは、その旺盛な需要と豊富な労働力を背景とした著しい経済成長、また親日的な国民性に、多くの日本企業から注目を集めています。この機を捉えて積極的なベトナム展開を進めている当社ですが、さらに同国における新たな試みとして、双日(株)殿および大和ハウス工業(株)殿とともに、ロンドウック工業団地の建設運営事業に参画しています。

本工業団地の特色は、日本企業による日本企業のための日本品質の工業団地であるという点にあります。ホーチミン市の中心部から約40 km 東という製造拠点・物流拠点として最適な利便性の高い立地に加え、日本人目線で計画・運営がされております。電気・用水・排水設備、物流システムや通信などのインフラ整備はもちろん、工場の立上げから操業中までの丁寧なサポート体制を敷き、入居企業が生産に専念できる環境を提供します。このような点が評価され、すでに分譲予定地の約3分の1が成約済みです。

当社の役割としては、ベトナム現地法人(水処理部門)を中心に、環境基準を遵守した総合排水処理ならびに維持管理を担当します。これと併せて、入居企業各社にトータルベストソリューションを提案して参ります。そして、ベトナムの健全な工業化・経済成長、および環境保全に貢献していきます。

当社は、本工業団地内に敷地面積10 000 m²、建屋面積3 000 m²のグラスライニング製造工場(ロンドウック工場)の建設を現在進めています。国内トップシェアを持つ当社は、日本のグラスライニング機器メーカーとしては初めて海外製造拠点を構えることとなります。2013年秋に操業開始(予定)し、当初は日本国内向けの製品を製造しますが、順次東南アジア市場向けに製造・販売を展開して参ります。「日本品質をベトナムから」を合言葉に、日本の、そして東南アジアの医薬品、ファインケミカル、電子材料分野の発展に貢献していきます。







場 所:ドンナイ省ロンタン地区

総開発面積: 270 ha (81万坪) 販売面積: 200 ha (61万坪) 予 定: 2013年秋以降順次

クリーンドライヤ「N-CDB」

コニカルドライヤは、当社グラスライニング製粉体乾燥機の主力製品として数多くの実績があり、とくに 医薬・ファインケミカル分野において多品種生産、コンタミレスの要求から「洗浄と洗浄確認が容易にでき る機器」として採用されています。

コニカルドライヤは、缶内を真空状態にするための金属製の吸引管(固定式または供回式)を有しますが、この吸引管に対して以下のような改善ニーズがあります。

- ① 金属イオンの混入を抑制したい。
- ② 吸引管の洗浄性を向上したい。
- ③ フィルタ交換作業を簡単に行いたい。
- ④ 摺動部からの異物混入を無くしたい。(吸引管固定式の場合)
- ⑤ 仕込量を増やしたい。(吸引管供回式の場合)

これらの改善ニーズに応えるため、N-CDBは、従来の吸引管を缶内からなくし、マンホール(ハンドホール)部にフィルタを設けて真空吸引口としました。

これにより、製品が直接金属に接触しない構造となり、完全ノンメタリック化を実現します。

また、アクセスしやすいマンホール部にフィルタを設けたことで、今までのフィルタ交換時の缶内作業が不要となり作業性、安全性が向上しています。

吸引管が缶内に無いことで、摺動部からの摩耗粉混入の心配も無くなり、またフィルタ位置による粉面を 考慮する必要もありませんので、仕込量の問題も解消されます。

従来型のコニカルドライヤ、片持支持構造の C-CDB に加えて、N-CDB をラインナップし、近年の乾燥機の高度化する多様な仕様に対応しています。



クリーンドライヤ「N-CDB」