

## ＜特集＞

# 公共システムの危機管理と安全システム

中里卓治

財団法人 下水道新技術推進機構 企画部(〒171-0021 東京都豊島区西池袋 1-22-8 E-mail:tnakaza@sco.bekkoame.ne.jp)

### 概要

下水道施設の危機管理を三つの事例を示して述べる。最初の事例はメッキ工場から大量のシアンが下水管に流出してしまい、これを下水処理場で長期間貯留して危機管理を行ったものである。この事例は下水処理場の機能停止に備えて何をすべきかを示唆している。第二の事例は工事のため下水処理場の放流水を5時間停止したところ、放流先の魚が大量に浮上してしまったもので、公共施設危機管理上のマスコミ対応、住民対応などを示唆したものである。最後の事例は、地球温暖化対策としてディーゼル発電機設備の消火設備をハロンガスから二酸化炭素ガスに変換したところ、誤ってガス放出してしまい、これを吸った作業員が意識を失った事故である。ここでは、システムが変更されると新たな危機管理が必要となる事例を示している。いずれにしても、危機管理は回避するのではなく、危機に向き合うという姿勢が大切である。初めて経験する危機の回避は難しい。

キーワード: 危機管理, 下水処理場, シアン, 魚浮上, 二酸化炭素ガス

## はじめに……危機に向き合う

危機管理という地震や洪水、大事故などに対する方策と考えられており、危機管理の専門家が組織的にじっくりと取り組む重要な仕事と見られている。しかし、実際に発生する危機は、本当に深刻な場合は少なく、結果的に軽微な被害で収まってしまうことが多い。これは、運がいいともいえるが深刻な危機に陥る前にいろいろな安全システムが働いて被害を軽減しているともいえる。被害の程度はともかくとして、危機をはらんだ重大事故といわれるものはそれまでに経験したことのない想定外の分野や状況で発生している。考えてみれば、一度経験した危機は、二度目は予防的に回避するか被害を最小に抑えることができるので一気に深刻な危機になりにくい。本当の危機は、いつも予想外の状況で予想外の結果をもたらす。同じパターンの危機がないとすると、危機管理は将来を見通す想像力と臨機応変な対応力が肝心である。そして、この想像力と対応力は過去の経験を学び、将来を見通す感性を育むことで身につく。

本論では、著者が体験した下水道の三つの事故事例を通して危機管理の実践的解決手法を示す。

## 1 外的要因による危機・シアン流入事故

### 1.1 背景

下水管には街から廃棄されたあらゆるものが流れ込んでくる。自動車のオイル交換をして廃オイルを意図的に下水管に投棄したこともある。年末に工場の大掃除をしたときに闇夜に乗じて廃油を流したこともある。問題なのはどのような異物がどのくらいの量でいつ流れてくるか分から

ないことである。原因が分からないまま可燃物や有害物質の対策を講じなくてはならないことは事態を深刻にする。また、原因が分かっても下水は水量が多いため可燃物や有害物質を効果的に排除できない場合が多く、対策が困難である。この危機管理の事例として、M 下水処理場に流入したシアン化合物を示す。

### 1.2 事故の発生

事件事故はなぜか休日や夜間に発生することが多い。シアン流入事故も土曜日の午後発生した。当時は、まだ土曜日は半日勤務で、お昼に業務が終わって職員が帰宅した頃に M 下水処理場の監視室に地元のメッキ工場から深刻な第一報が入った。

それによると、14時30分頃、そのメッキ工場薬品貯蔵タンクの配管が破損し、1.2 m<sup>3</sup>のシアン化カリウム(青酸カリ、以下シアン)溶液が下水管に流出してしまった、ということであった。シアンは毒性の極めて強い有害物質である。この溶出量はシアン 47.5kg が含まれており、約 20 万人の致死量に相当するものであった。わずかな量でも魚を殺傷してしまう。腐敗している下水中に流れ込むと、腐敗で PH が低くなっていればシアンが反応して青酸ガスなどが発生する可能性もある。青酸ガスは猛毒で、下水マンホール内などの閉ざされた空間で発生したら関係者の生命にもかかわる。文字通り緊急事態となった。

メッキ工場から M 下水処理場に第一報が入って、当直勤務の職員は帰宅した職員に召集を求めた。関係する職員が集まってシアン対策の体制を本格的に取れたのは、事故が発生してから 4 時間以上も過ぎてからであった。しかし、土曜日の午後であったが、まだ帰宅せずに職場に残っていた K 水質係長がこの報告を知って職場に戻り、初動体制に大きな役割を果たせたのは幸運であった。

### 1.3 初動対応

最初の対応はシアンの流達時間を推測すること。通常、晴天時の下水は秒速 60cm から 80cm くらいの早さで流下するように設計されている。シアン流出時刻とこの速さから逆算して、シアンはどこを流れているか推測する。幸い、土曜日午後の時間帯で下水管の清掃や工事に携わっている人はいなかった。すると、最初に流入したシアンが人と接触する機会は M 下水処理場の沈砂池ということになった。そこで、K 水質係長の指示で沈砂池のシアン濃度を常時測定することになった。

このときのポイントはシアン測定方法である。普通のシアン測定は下水道試験法に基づいて水質技術者が実験室で手分析により行うことになっている。しかし、今回のような事故時の測定は精度よりも迅速性が必要。このような場合には使い捨ての検知管で簡易にシアン濃度を測る方法がある。ガラスサンプルに封入された試薬にサンプルを接触させて変化する色の違いをみて短時間で大まかなシアン濃度を測定することができる。このシアン検知管がたまたま M 下水処理場に数十本保管してあった。この検知管を使って、時々刻々の流入下水シアン濃度を測定し続けた。

すると、事故発生から 95 分ほど経ったころから、普段では検知されない高い濃度のシアンが検知されるようになった。いよいよシアンが M 下水処理場に到達した。

### 1.4 対策

シアンが下水処理場に流入すると、まず活性汚泥が損傷を受ける。下水処理場の活性汚泥は一度損傷を受けると回復するのに数週間から数ヶ月かかるといわれており、この間は水処理機能が低下し、放流水質が悪化してしまう。

シアンが流入して発生するもう一つの問題は公共用水域へのシアンの拡散である。万一、放流水にシアンが混入すると水質汚濁防止法に抵触するだけでなく放流先の生物に深刻な影響を与える。最悪の場合には M 下水処理場から下流の水域の魚が浮上してしまうことも起こりうる。

この二つの被害を防ぐにはシアンの毒性を中和させるか隔離するしかない。しかし、いろいろな案を検討したが、石灰などでシアンの毒性を中和して緩和させるには大量の石灰を沈砂池に投入しなければならないことが判明した。そんな大量の石灰などは手元にない。仮にあったとしても投入する手立てがない。このようなことから中和の方法は早い段階で除外された。

もう一つの方法である隔離については朗報がもたらされた。Fig.1 に示すように M 下水処理場には 3 系列の水処理施設があり、第一系列と第二系列は稼動していたが、第三系列は老朽化のために休止状態であった。そこで、このエアレーション・タンクにシアンを一次貯留してしま

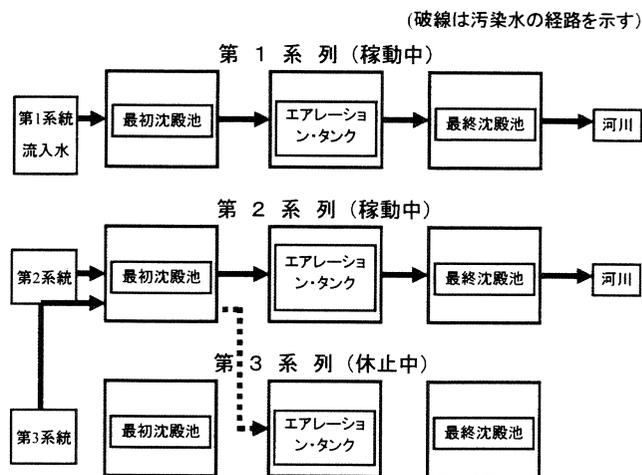


Fig. 1 M 処理場処理系統

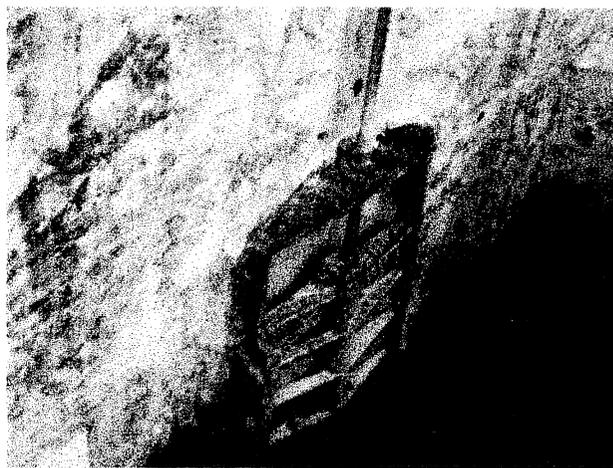


Photo 1 旧式の流入ゲート(別の下水処理場)

うという案が提起され、M 下水処理場の責任者である場長も決断した。

しかし、大量の下水を一次貯留するには、シアンを含む下水が最初沈殿池を通過した頃に休止している第3系列のエアレーション・タンクの流入ゲートを開き、残りの第2系列の正常なエアレーション・タンクの流入ゲートを閉じる必要があった。ところが、これらのゲートは通常はほとんど使うことがないので全て手動である。大の男が二人がかりで操作しないと開閉できない。土曜日の夕方、M 下水処理場に駆けつけた職員の中からこの作業を行う職員を編成し、シアン検知管で最初沈殿池からシアンが流出することを見計らって一斉に流入ゲートを操作する作業に取り組んだ。

### 1.5 終結

シアン流入事故は、一時的に有害下水を隔離・貯留することで解決できた。貯留した有害下水は、その後、時間がたってシアンが下水中の物質と反応して活性度が低下するのを見計らって、エアレーション・タンク排水ルートから沈砂池に少しずつ戻して無害な下水で希釈し、処理・放流した。活性汚泥は微量な濃度のシアンに対しては順

応して水処理能力を低下させることはなかった。シアンを排出した工場に対しては厳しく指導して薬品タンクの回りに事故時の流出を防ぐ防液堤を作らせた。この事故で使った検知管や職員の超過勤務の費用は工場に求めた。

## 1.6 まとめ

事故は夜間・休日に発生しやすいが、発生直後の早期対応が大切。そのため、24 時間勤務をしている運転監視勤務の職員に、事故時の対応手順、責任者と連絡が取れないときの指揮命令者の権限委譲システムなどを整備しておかなければならない。

また、有害物質が下水管に流入した場合にはその挙動を把握することが重要なので、各種検知管を日ごろから備蓄しておく必要がある。あわせて、事故が通知されたときに流下してくる下水管の経路が下水処理場で素早く把握できるように中央監視室において下水道台帳図を閲覧できるようにしなければならない。最後に、有害物質の緊急一時貯留という観点から、エアレーション・タンク流入ゲートの電動化が必要である。

今回の事故をふまえて工場からシアンが流れ込む事態に備えて、M 下水処理場の上流にある下水道幹線にシアン自動測定装置を設置した。上流に自動測定装置を設置することで、流入事故を早期に検知することができ、対応する時間が稼げるようになった。また、2005 年の下水道法改正で、有害物質を下水道に流入した者は下水管理者に速やかに通知することが義務付けられた<sup>1)</sup>。

## 2 内的要因による危機・放流停止による魚浮上事件

### 2.1 背景

魚浮上事故は正月気分も抜け切らない1月5日の午後に発生した。流域下水道のK 下水処理場の職員は、5日の午後、住民の通報を受けて下水処理場放流口付近の河川で大量の小魚が浮上したことを知った。早速、寒中の中、職員が長靴をはいて水の中に入って浮上した小魚を回収した。この原因は、当日午前中にK 下水処理場で行われた工事に伴う汚水ポンプの全台停止時間が9時から12時20分に及び、放流停止時間が9時20分から14時15分の約5時間に及んだことと推測された。工事は最初沈殿池の流入弁を手動弁から電動弁に交換するために、導水きよに新たに角落としを設置するもので、どうしても放流を一定時間止めなければならなかった。12時20分には工事を終わらせて汚水ポンプを起動したが最初沈殿池の張り込みに時間がかかり、放流開始したのは14時15分であった。その直後の14時30分に「魚が浮上している」との住民通報があった。

午後の魚回収作業も一段落し、日没とともに作業を終了して一段落した。これらの状況を放流先の河川環境を管轄しているT 環境保全事務所に報告して解散した。

### 2.2 初動対応

その日の深夜に、事件は下水道関係者の知らないところで進行していた。5日21時30分ごろに地元の高校生から警察署に「K 下水処理場の放流口付近で魚が浮上している」という通報があった。同じ頃、「付近の川に発泡スチロールが浮いていて、この中から緑色の液体が発見された」という警察情報がマスコミに流れた結果、「毒物による数万匹の魚浮上事件」となって多数のマスメディアがテレビ中継車などを出動させて現地取材をすることとなった。

当日の深夜にテレビニュースでこの事件が報道され始めた頃、K 下水処理場を担当している施設管理課長の自宅に新聞記者が取材の電話を入れた。この課長は電話取材で初めて深夜の騒ぎを知ることになった。そこでマニュアルにしたがって、早速、非常体制をとった。まず、K 下水処理場の場長と近くに住んでいる数人の職員に至急K 下水処理場に駆けつけるように指示し、自らもタクシーでK 下水処理場に向かった。

### 2.3 対策

不審者が川に毒物を投入したという疑いは、現場付近に住んでいるT 環境保全事務所水質監視職員の機転で氷解した。この職員は、深夜の事件が発生した直後にたまたま現場付近で騒ぎを知り、夕方に報告を受けたK 下水処理場での魚浮上事件のてん末を警察や消防関係者に説明していた。さらに、深夜に魚が浮上した水域で採水し、自分の事務所で分析してシアンや六価クロム、残留塩素などの有害物質が検出されないこと、溶存酸素は十分あることなどのデータを警察や消防関係者に伝えていた。

この結果、警察関係者やマスコミは午前零時ごろには現地から撤退した。施設管理課長がK 下水処理場に到着したのは零時を過ぎてからであった。この時点で毒物投入という最悪の事態は解消されていたが、依然として深夜に魚が大量に浮上した事実は残っていた。K 下水処理場としては深夜の魚浮上の説明責任を果たすことと、早急に浮上した魚を回収する必要に迫られた。そこで、6日未明にK 下水処理場に集結した場長や数名の職員を指揮して、早朝に報道される新聞記事に対する公式見解をまとめる作業に入った。同時に、早朝から職員や協力業者を動員して浮上した魚の回収作業にかかれるように、電話による指示・依頼をおこなった。

以下に、当時の公式発表文を示す。

1月6日午前9時発表

K 下水処理場放流口付近で、1月5日午後、小魚が数千匹浮上していました。この原因は、薬物によるものではなく、水中の酸素欠乏によるものだと判明しました。

下水処理場は、通常きれいな水をT 川に放流し続けますが、昨日の工事で一時的に止めざるを得ませんでした。このため、放流口付近の水位低下が生じ、酸素欠乏とな

ったと思われます。又、放流口付近に予想を越える小魚が集まっていたこともあり、このような結果となったものと考えます。

なお、5 日の午後 3 時にはきれいな水の放流を再開し、酸欠状態は解消し、現在に至っております。

### 2.4 まとめ

一連の魚浮上事件によって下水処理場が放流先の水環境に対して水質汚濁だけでなく水中の溶存酸素についても大きな責任を持っていることが明らかになった。もし、放流水が止まると、放流先の水域は水深の低下、底泥の酸素消費、残留魚による酸素消費の三つの理由によって短時間で酸欠状態になってしまう。そもそも、T 川の水量は K 下水処理場の放流水に大きく依存している。放流水が止まると即座に河川の水位は低下してその中に含まれている酸素の総量は減少してしまう。次に底泥は河川のどこにでもあるが、微生物の集合でできていて、河川の水量や魚の数に関係なく一定の速度で酸素を消費する。三つ目は魚の数。下水放流水には適度に魚のえさとなる微生物を含んでいて水温が温かいことから、下水放流口付近にいつも魚が集まっている。この多数の魚が生息する結果、常に一定の酸素を消費している。

以上の、水深の低下、底泥による酸素消費、魚群の酸素消費を試算するために水深の低下に伴う水量の減少を現場で実測した。それによると、魚が浮上した付近の水域状況は、水位は 30cm だったものが 10cm まで低下して面積も 200 m<sup>2</sup> に縮小していた。このときの溶存酸素濃度は 1.2mg/l であったので酸素量は 170g であった。この K 下水処理場は最終沈殿池の放流部から T 川までの間に長さ 1,063m、断面形状 5.2m×4.2m のボックスカルバートが 2 連設置されている。ここにも相当数の魚が生息していたと考えられるが、放流停止前には数十 cm あった水深が停止時には水深ゼロとなっていた。

これに対して、底泥の微生物による酸素消費速度は、当日の水域と同じ透視度である 6.5cm を現地の底泥を用いて実験室内で再現して放流停止当初の溶存酸素濃度が魚浮上確認時の濃度まで減少する変化量から求めて 26.5g/h と推定した。

魚の酸素消費量は浮上した代表魚であるオイカワの場合には重さ 1kg あたり 4.38mg/min、オイカワ一匹の平均重さは 12.7g とすると<sup>2)</sup>、オイカワ 5000 匹あたりでは 16.7g/5000 匹・h となる。これらを経時的に計算すると、オイカワ 5000 匹では 4 時間、7000 匹では 3 時間 30 分で酸欠状態になるとの試算ができた。

以上の結果をまとめると Table 1 になるが、K 下水処理場の放流先の状況は 4 時間程度が酸欠の生じる限界的な時間であることが分かった。これまでも工事に伴って 3 時間 30 分程度までの放流停止は何度も行ったことがあったが、そのときには魚浮上事件は発生しなかった。

Table 1 溶存酸素ゼロへの到達時間

項目	底泥のみ	5 千匹	7 千匹	5 千匹と底泥	7 千匹と底泥
到達時間	6.5 時間	10.5 時間	7.5 時間	4 時間	3.5 時間

以上の分析は事故発生後一ヶ月で報告書にまとめて関係者に詳報として配布した。当事者としては事故を起してしまった以上、その経緯と結果をまとめて、今後二度と起こさないように説明をする責任がある。

## 3 条件変更による危機・二酸化炭素ガス噴出事件

### 3.1 背景

下水処理場やポンプ所には停電に備えて非常用発電機が設置してある。発電設備にはディーゼルエンジンやガスタービンエンジンがあり、危険物である燃料を多量に扱うことから、発電機室の消火設備はこれまではハロン消火剤(ハロン 1301)を利用してきた。ハロン消火剤は消火能力が高く人体に無害であるので広く用いられてきたが、近年、地球温暖化ガスとして利用が制限され、平成 6 年 1 月からハロン消火剤の生産は全廃された<sup>3)</sup>。

この結果、新しく建設する施設にはハロン消火剤に変わって二酸化炭素ガスによる消火設備が設置されている。二酸化炭素ガスは地球温暖化ガスとして知られているが、ハロンガスに比べると温暖化効果ははるかに小さい。人体に対する影響は、ハロンガスは無毒であるが二酸化炭素ガスは Table 2 に示すように有毒であり、吸い込むと意識喪失したり生命に危険を及ぼしたりすることがある。二酸化炭素はドライアイスの原料であり、完全燃焼というイメージがあつて、有毒であるという認識は希薄であつた。特に、下水道関係者は酸素欠乏症防止のための研修を受けることが多く、このときには酸素欠乏症以外にも一酸化炭素ガス中毒や硫化水素ガス中毒の知識を習得するが、二酸化炭素ガス中毒については学ぶ機会がない。このようなことが二酸化炭素ガスへの認識の浅さの背景にはあつたのかもしれない。

### 3.2 事故の発生

ある冬の午後、被遠制ポンプ所である K ポンプ所の発電機室で発電機修繕工事の試運転試験をしていたところ、とつぜん二酸化炭素ガスが消火設備から噴出した。たまたま室内には 7 名の工事関係者が作業をしていたが、このうち 3 名が逃げ遅れて二酸化炭素ガスを吸い込んで 1 名は軽微であつた 2 名が一過性意識消失の二酸化炭素

Table 2 二酸化炭素濃度の濃度と人体への影響

二酸化炭素濃度	暴露時間	人体への影響
2~3%	5~10 分	呼吸深度の増加、呼吸数の増加
8~10%	1~10 分	意識レベルの低下、震え、けいれんなど
10%以上	数分以内	意識喪失、その後短時間で生命の危機あり

ガス中毒症状を示した。そこで、現地で救急肺蘇生を行い、救急車で病院に収容した。

幸い、2 人とも現地で救急肺蘇生を受けた段階で意識を回復し、病院で診察を受けて異常の無い状態が確認された。

### 3.3 事故の原因

事故の原因は、photo. 2 のディーゼル発電機エンジン排気ガスの漏れ、消火設備起動モードの設定ミス、消火設備警報音の未到達、の三点であった。

#### (1) 排気ガスの漏れ

ディーゼルエンジン排気ガスは、通常は Fig. 2 の系統図のように消音機を通して屋外に排出している。しかし、始動に失敗すると大量の未燃ガスが排気管に滞留してしまう。このガスを放置すると次の始動時に排気管で異常燃焼を起こすので、これを防ぐために排気管に未燃ガス排気ファンが設置してある。このファンは未燃ガス排出弁を介して排気管につながっていて、ディーゼルエンジン停止時に室内から新鮮空気を取り込んで排気管内の未燃ガスを屋外に排気する役割がある。ところが事故時には起動停止の試運転を繰り返していたためにディーゼルエンジンが停止して排気ファンが動作して排気した後、未燃ガス排出弁が完全に閉じないうちにエンジンを再起動してしまった。このため始動時にディーゼルエンジン特有の黒煙混じりの排気ガスが排気ファンを逆流してしまい、未燃ガス排気ファンの吸い込み口がある発電機室天井付近に黒煙が充満し、付近にあった煙感知器が作動した。

#### (2) 消火設備起動モードの設定ミス

消火設備の起動モードには手動モードと自動モードがある。手動モードは現地に人がいるときに設定するモードで、煙感知器が作動しても担当者が火災であることと消火区域に人がいないことを確認してから現地で消火設備を手動モードで起動させる。自動モードは、消火区域に人がいないことが前提となっており、煙感知器が働くと監視室の警報装置が働き、現地でも退避警報が発せられて一定時間後に二酸化炭素ガスが放出される。

今回の試運転時には手動モード設定とすべき状況であったが、たまたま自動モード設定にされていたものを、そのまま試運転したために消火設備が一定時間後に自動的に起動してしまった。

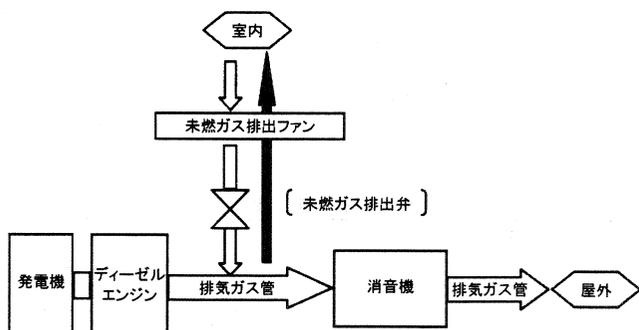


Fig. 2 エンジン排気ガス系統図(黒線は事故時の排気ガスの流れ)

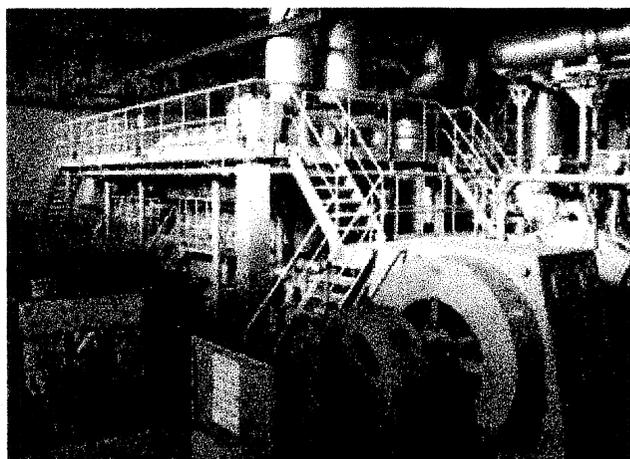


Photo 2 Kポンプ所 ディーゼル発電機

#### (3) 警報装置の音量不足

二酸化炭素ガスを放出する前には警報装置が起動する。警報装置はスピーカーから発するサイレン、スピーカーから発する音声アナウンス、それにベルの三種類で退避行動をうながす。消防法では警報装置の音圧は音響装置の中心から1mはなれた位置で90dB以上とされているが、今回の装置では1m以上はなれた発電機の付近で、ベルは108dB、スピーカーは130dBであり、音圧は十分であった。

しかし、事故当時の状況は発電機が稼動していてエンジン音が室内をとどろいていた。このため、警報音はかなり聞こえにくくなっていったと考えられる。事故後に行った再現調査において、エンジンを稼動したままで警報装置の聞こえ具合を調べたところ、ベル、音声はほとんど聞こえず、サイレン音がわずかに聞こえる程度であったことが判明した。事故当時、退避に手間取った理由は警報音が徹底できなかったことが推察できる。エンジン音が鳴っている中でサイレン音がわずかに聞こえてきて、警報音かどうか迷っているうちに白煙のようなドライアイス風の二酸化炭素ガスが放出されたものと推察される。二酸化炭素ガスが放出されると室内は短時間で水滴やドライアイスからなる白い煙で充満して視界を失ってしまう。

### 3.4 対策

今回の事故の対策は下記のとおりである。

一般的には施設が新しくなると安全性や信頼性は向上する。しかし、今回は地球温暖化対策のために消火ガスをハロンガスから二酸化炭素ガスに変えたときに人体に対して消火設備のリスクが増大したことを十分に把握すべきであった。

対策としては(1)ハード、(2)ソフト、および(3)ヒューマンエラーの3分野について行った。

(1)未燃ガス排気関連では、ファン吸気口を屋外に移設した。また、警報装置は単独では十分な性能を有していたが、エンジン稼動という状況を加味すると音圧的に不十分であったので、ベルやサイレンの

増設、赤色回転表示灯の設置、など警報装置を増強した。

(2) エンジン起動の運転条件に未燃ガス排気弁閉の条件を加えるなどの電氣的インターロックを加えた。また、発電機室に入室する際に手動モードとするルールを職員や工事関係者に徹底させるとともに、発電機室入り口にこのルールを文字で表示することとした。

(3) K ポンプ所に関して事故報告書を作成して事故の周知、対策マニュアルの徹底、退避訓練の実施などを行った。その後、他のポンプ所や下水処理場も含めて、二酸化炭素ガス消火設備の全容把握を行った上で事故経験の水平展開を行った。

### 3.5 まとめ

事故に小さな過失の連鎖は付き物である。このうち一つでも排除できれば事故は起こらない。だからといって、小さな過失を一つ一つあげつらって責任追及しても事故の根本的な解消にはならない。今回は事故に対して考えられる全ての連鎖を抑える対策を施したが、これには大きな意味がある。なぜなら、小さな過失は無数にあり、一つを解決しても状況が変わると別の事故発生経路が出現するからである。別の経路が出現したときには今回施したいくつかの対策のうちの一つが唯一の対策になる可能性がある。環境条件が変わればシステムの効果や影響は変化する。この変化を予測して把握することが事故を防ぐ第一歩である。

## 4 危機管理

### 4.1 事故の分析

以上に取り上げた三つの事件事例はどこの下水処理場でも起こりうるものである。

三つの事例をまとめると Table 3 になる。シアン流入事故は街にたくさんあるメッキ工場のうちたった 1 軒の不注意

Table 3 事故と危機管理

事故名	事故原因	対策	システム分析
シアン流入	メッキ工場の排水設備破損	シアンを休止槽に長期貯留して希釈しながら時間をかけて放流	有害物質流入時間、水処理・公共用水域への影響、被害最小
魚浮上	工事による放流停止	停止時間を3時間以内にす、説明責任の徹底	工事以外の長時間放流停止の対策、放流水域の生物への影響
二酸化炭素ガス放出	二酸化炭素ガス消火設備の導入、排気ガス漏洩、騒音による警報音の機能低下	排気ガス系改良、警報装置機能向上、消火設備改良、事故周知	二酸化炭素中毒の周知、警報システムとエンジン音の関係

意で公共性の強い下水処理場の機能を喪失寸前の状態に陥れかねない危機となった。もし、たまたま休止していたエアレーション・タンクがなかったら、稼動しているタンクの一つを切り離して貯留するか、希釈して全エアレーション・タンクに満遍なく負担させるかの判断を迫られたに違いない。いずれの場合にも水質汚濁防止法違反という深刻な事態が想像される。

魚浮上事故では、放流先で事故が起こったときの住民対応、マスコミ対応、議会对応の事例であった。もし消毒用の次亜塩素酸ナトリウムを過剰注入して放流先の魚が浮上したらどのように対処したらよいか。もし、水処理装置が損傷して悪質水質の放流で魚が浮上したらどのように説明責任を果たしたらよいかということを示唆している。事故が起きたときの公式発表文やその送り先は日ごろから準備しておく周到さが事故の負担を軽減してくれる。危機対応、事故対応は平時の準備から始まっている。

二酸化炭素ガス放出事故では、地球温暖化ガスを削減するために行ったハロンガスから二酸化炭素ガスへの消火剤切り替えがもたらしたマイナス面をうまく取り込めなかった事例である。また、警報システムとエンジン騒音との関連を警報システム設計時点、警報システム検査時点で把握できなかった難しさを真摯に捕らえて、複数のシステムを同時に把握する技術と感覚を身につけることが大切である。材料やシステムを変更するときは、その効果とともに新たなリスクを抱えるという認識がポイントである。このリスクを回避するには、複合的なシステムの理解と想像力、洞察力が必要であることを示している。

### 4.2 ヒューマン・エラー

危機管理におけるヒューマン・エラーは次の 5 点<sup>4)</sup>を認識することが大切で、ヒューマン・エラーの点から三つの事例をまとめると Table 4 に示すようになる。このように分類すると事故と人とのかかわりが明らかになり、事故原因が明確となる。

- ・ 人間はミスを犯す
- ・ 機械やコンピュータは故障することがある
- ・ 機械やコンピュータが正常でも、人間とのかかわり方によっては危険なことがある
- ・ 無事故が続くほど、自動化が進むほど、危険に対する警戒心や感性が低下する
- ・ 新しい便利なものができる、必ず新しい危機管理が必要となる

### おわりに

事故は坂道をボールが転げ落ちるようなもので、わずかなきっかけでボールが転がり始まり、転がり落ちる。たまたま坂の途中の草に引っかかって止まっているのが、今回の三つの事例であるといってもよい。シアン流入事故では「休止中の施設への貯留」という草でボールが止まった。魚浮上では「早朝の魚回収」と迅速な「公式発表文」で

Table 4 事故とヒューマン・エラー分析

事故名	事故原因	ヒューマンエラー分析
シアン流入	メッキ工場の排水設備破損	機械は故障することがある
魚浮上	工事による放流停止	無事故が続くほど危険に対する警戒心や感性が低下する
二酸化炭素 ガス放出	二酸化炭素ガス消火設備の導入	新しい便利なものができると、必ず新しい危機管理が必要となる
	自動モードの設定	人間はミスを犯す
	エンジンの頻繁な起動停止による排気ガス漏洩	機械やコンピュータが正常でも、人間とのかかわり方によっては危険なことがある
	騒音による警報音の機能低下	無事故が続くほど危険に対する警戒心や感性が低下する

ールが止まった。二酸化炭素ガス放出では「迅速な救急肺蘇生術」でボールが止まった。何かのきっかけでさらにボールが坂を転がり始めることもあるし、転がる道筋がわずかに違うだけで落ち方が全く違ってしまうことになる。

事故に対する認識は、「今、ボールがゆっくりと坂を下り始めている」と理解することが大切である。「動き始めたボール」ならばすぐにとめることができるし、「動き始めたボール」という感覚は、事象にかくれた危機を想起させて次

の一手を洞察することができる。坂の下には深い谷があり、谷に落ちる前にどこで止めるか、どうやって止めるかを打ち出さなければならない。

事故は起こらないように努力するのは当然であるが、全く起こらなくすることはできないので、起こったら被害を最小にする、起こったら徹底的に類似の事故を防ぐ、起こった事故がさらに深刻な事故に発展する芽を摘んでしまうことが大切である。

(著者のホームページには関係する下水道技術の見解が掲載されています。http://www.bekkoame.ne.jp/~tnakaza/)

#### [参考文献]

- 1) 国土交通省、下水道法の一部を改正する法律案について、  
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/04/040228\_.html
- 2) 水産大学増殖学科編、水産増殖、36巻、p34、
- 3) 平成15年度版消防白書、第5章「地球環境の保全」、  
http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h15/html/15504100.html
- 4) 杉江 弘 “機長が語るヒューマンエラーの真実”、ソフトバンク新書(2006). p173.