

工学部内における排水安全対策と管理の確立

布目清成*、大久保興平*、美原義正*、瀬瀬明三**、近藤一元**、伊藤始**
名古屋大学工学部・工学研究科技術部

はじめに

我々は日常生活を送るかぎり、排水を出さない日はほとんどない。排水基準を守る理由は、罰則があるからであろうか。本音としてはそのような考え方もあろうが、このことについては、一人ひとりが心豊かに考えなければ、川や海をきれいにすることは永遠に困難であろう。ここに名古屋市下水道局のパンフレット^[1]の一部を紹介する。

下水処理場は、微生物の力で汚れた水をきれいにしていますが、どんな汚水でも浄化できるというわけではありません。汚水に有害物質がまじっていると、微生物たちは死んでしまいます。そうなると汚水を浄化することができないので、汚れた水がそのまま川や海へ流れてしまいます。また、下水管がとけてしまって、道路に大きな穴があいてしまうこともあります。

それを防ぐためには、下水道を利用するみなさんにいくつかのルールを守っていただくことが必要になってきます。そのルールこそが、「下水道法」や「名古屋市下水道条例」なのです。

1. 研修の経緯と目的

本年3月10日、名古屋市下水道局による立入水質検査が実施され、東山キャンパス内の実験系排水柵（以下排水柵）の4箇所が排水基準に適合していない旨の注意を受けた。この内の3箇所は当部局が関係する排水柵である。注意内容は、水素イオン濃度の不適合が2箇所、ジクロロメタンの排出基準のオーバーが1箇所である。特に水素イオン濃度の不適合については、排水柵内の水質をモニターシステムによって常時監視しているにもかかわらず、それが正常に作動していなかったことが問題となった。したがって、システムの機能を回復・維持させるため、研究科長から当技術部に水質モニターの保守点検業務を委嘱（期間：平成12年8月7日～13年3月末）された。この仕事は技術部にとって未経験であるため、委嘱された業務と並行して研修を行ない、維持管理上の安全をはじめとする種々の問題を明らかにし、対策を立てるとともにその管理方法を確立することを目的とした。

2. 名古屋大学東山キャンパス実験系排水監視システム

図1に当部局の実験系排水の系図を示す。排水監視システムは1999年4月から運転を正式に開始した。各建物の外には排水柵が埋設され、その内部には水質モニター（以下モニター）が設置されている。建物内の実験室・居室から排出された排水は、いったんここへと流れ込み、そこで異物が沈殿され、排水中の水素イオン濃度（以下pH）が測定された後、排水幹線を通り、公共下水道へと流れて行く。

・東山キャンパスの排水柵は43箇所存在し、その内当部局が関係するものは16箇所である。排水柵の水深は、1.1m（貯水能力：約1.6m³）、マンホールから水面までの距離は、0.68～2.16

*構造・安全技術系、**分析・物質技術系

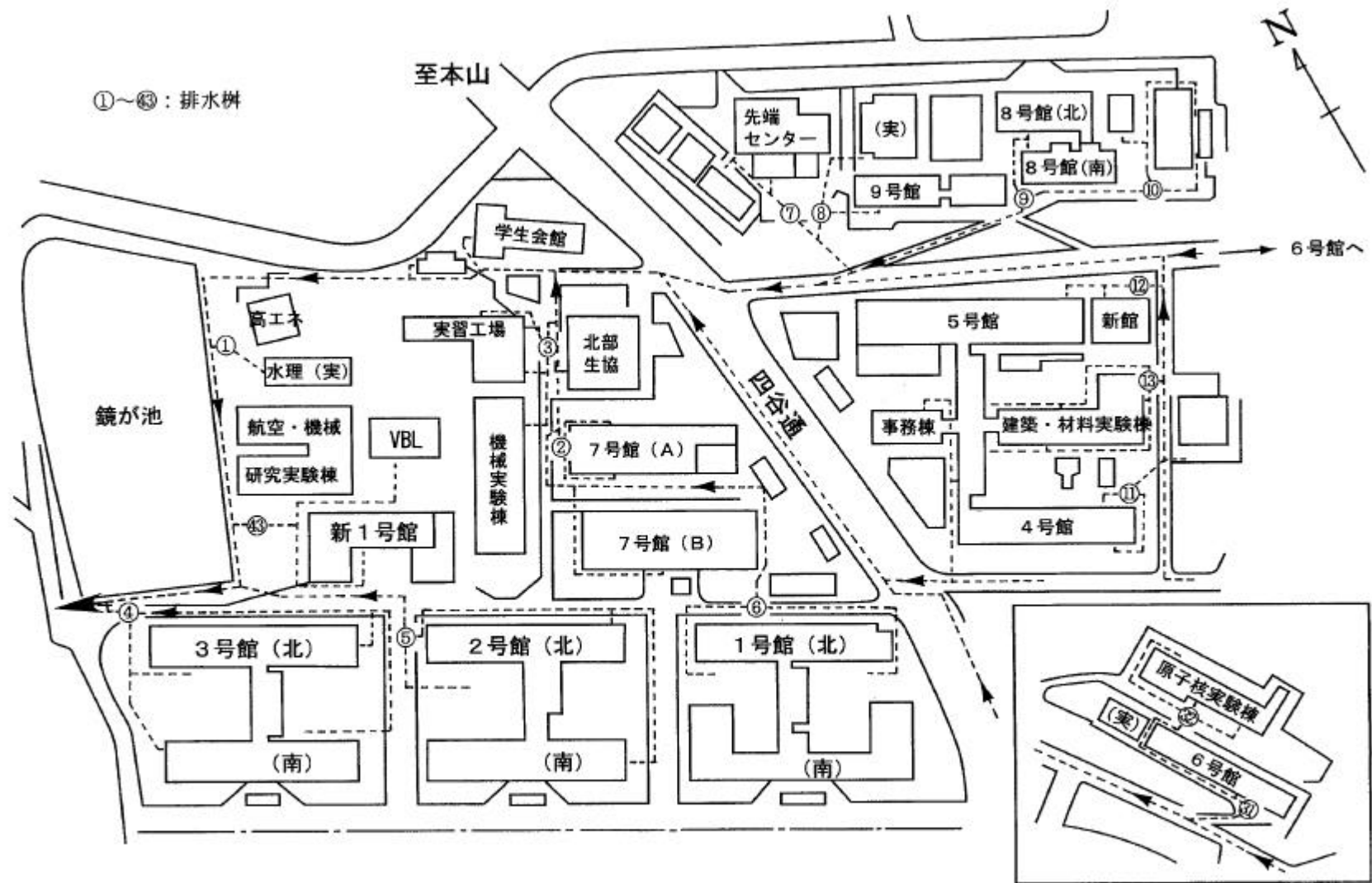


図1 工学部の実験系排水系図

mと場所によって異なる^[2]。モニターの計測値は、建物内の表示盤と屋外の計器本体に表示される。また排水中のpHに異常が生じると、表示盤の警報が鳴り、付近の人間に知らせる仕組みになっている。東山キャンパスの全ての排水柵は、名古屋大学廃棄物処理施設で集中監視されており、この警報信号は、ただちにそこへと伝送される。

図2にモニターの計器本体と電極の外観（株式会社C O S製 CP-480 型、電極 8300 型、温度補

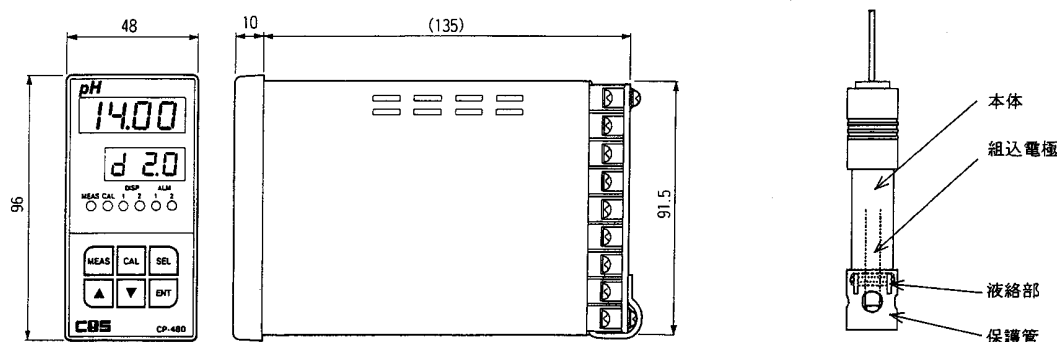


図2 モニターの計器本体（左）と電極の外観（右）

償抵抗値 6.8k、測定精度 $\pm 0.05\text{pH}$ ）を示す^{[3][4]}。なお、排水柵 43 番にはこれとは異なる型式の計器（電機化学計器株式会社製 HDM-136 型、自動洗浄機能付、測定精度 $\pm 0.03\text{pH}$ ）が設置されている。

図3に携帯型投込式pH測定計（以下携帯pH計）の外観を示す^[5]。携帯pH計（柴田科学機器工業製 POT-101M 型、測定精度 $\pm 0.1\text{pH}$ ）は、モニター電極の比較用計器として使用する。携帯pH計はモニターに比べ測定精度は劣るが、モニター電極のように過酷な条件下で常時使用されることはなく、また維持管理も行ないやすいため、劣化が少なく、実用上は測定誤差が少ない。



図3 携帯pH計の外観

3. 現状調査

3-1. 調査方法

調査内容はモニターの作動状況の確認と排水柵内の目視等であり、調査は当部局が関係する排水柵（以下全排水柵）を対象に行なった（調査開始日：8月17日）。調査の具体的な内容は排水柵のpH測定、モニターの作動状況の確認、油状物質の有無・電極への付着物の有無・排水の濁り・柵底部からのガスの発生の有無・ヘド口の堆積深さ等の諸項目である。

これらの項目の中でもモニターの作動状況の確認は、保守点検を行なってゆく上で特に重要な位置を占める。

3-2. モニター電極の維持管理方法^{[4] - [7]}

モニター電極の汚れは、排水柵の水質によって大きく左右される。電極が汚れてくると、応答性能が低下し、計測値が不安定となり正しい値を示さなくなる。この現象は、電極内部の電解液の減少によっても引き起こされる。したがって、電極は定期的な点検や洗浄・較正等が必要とする。

洗浄および較正の主な手順を次に示す。なお、これらを行なっても電極の性能が回復しない場合は、本手順に示す酸浸漬時間の延長、または電極内部液の交換、もしくは電極自体を交換する必要がある。

< 電極の洗浄および校正手順 >

(1) モニター電極の洗浄・校正前の指示値の比較

- ・携帯 pH 計により排水樹の pH を測定し、モニターの指示値と比較する。
- ・携帯 pH 計は、次のモニター電極の要領で予め洗浄・校正しておく。

(2) 洗浄

- ・モニター電極を排水樹から引き上げて洗浄する。洗浄方法は、電極に付着した汚れを厚手のティッシュペーパー等を使って水道水でよく洗い落とす。汚れが落ちたら、水滴を拭い、エタノールを浸したティッシュペーパー等できよく拭き、最後に水道水で濯ぐ。
- ・この方法で汚れが落ちない場合は、電極を酸の溶液（希硝酸：0.1M程度）に 10～20 分程度浸漬して汚れを分解し（以下酸浸漬）再び水洗・エタノール拭き・水道水による濯ぎを行なう。酸浸漬後に校正を行なう場合は、電極を水道水で十分に濯いだ後、さらに純水で濯ぎ、水滴を拭つてから校正液に浸漬する。

(3) 校正

- ・本モニターおよび本携帯 pH 計は、2 点の pH 値で校正する方式を採っている。校正用標準試薬は pH 4 , pH 7 , pH 9 の 3 種類が市販されており、この内の 2 種類を選択する。
- ・校正方法は、電極を 10 分程度純水に浸漬した後、水滴を拭い、校正液を入れたポリエチレン瓶に浸漬する。計器本体の指示値が安定（1 分程度待っても変動しない）したら、1 点目の校正値を記憶させ、電極を水道水、純水の順で十分に濯ぎ、水滴を拭い、2 点目の校正液に浸漬する。2 点目の校正値を計器本体に記憶させた後は、電極を水道水で十分に濯ぐ。

4 . 調査結果

次ページの表に調査結果を示す。なお、排水樹 6 番は新 2 号館建設工事のため、現在は使用されておらず、また計器本体も撤去されているため、携帯 pH 計による pH 測定のみを行なった。本調査結果から次の事が明らかとなった。

- (1) 排水の pH 値は、全ての排水樹で排出基準 (pH 5 ~pH 9) を満たしていた。
- (2) 一部の排水樹の水面に油状物質およびスラッジが存在していた (3 , 5 , 8 番) 。
- (3) 電極には 2 箇所を除きいずれも付着物が存在していた。付着物の量・排水の濁り・流入水量・ガスの発生の有無・ヘドロの堆積深さは、樹によって異なっていた。
- (4) 電極の劣化が顕著なものが 8 箇所存在した (1 , 7 , 8 , 9 , 10 , 11 , 32 , 42 番) 。

(1) の排水樹の pH 値については、6 番 (1 号館) , 8 番 (9 号館) が名古屋市からの注意を受けていたが改善された。これは廃棄物処理施設からの注意喚起により、各人の意識が向上してきた結果と考えられる。

(2) の油状物質については、3 番 , 5 番はいずれも微量であり、許容範囲内と考えられるが、8 番はこれらと比較して明らかに量が多いため、意図的に実験室等から排出されたものとも考えられる。なお、油状物質は臭気から鉱物性の油と考えられる。

(3) の電極への付着物については、黒色ヘドロと茶褐色の錆状のものが主であった。前者は水洗のみで容易に除去できたが、後者はその工程に加え、エタノール拭き・酸浸漬を行なっても完全な除去は困難であった。電極に付着した頑固な汚れは歯ブラシで除去し、液絡部の汚れは耐水ペーパー (400 番程度) で除去した。2 番は調査日の少し前に排水監視担当者が電極の掃除を行ない、また 11 番は校正からあまり日が経っていないため、付着物はほとんど存在し

表 排水樹調査結果

排水樹番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	31	32	43	
場 所	航機実棟	7号館	実習工場	3号館	2号館	1号館	先端研	9号館	8号館	電 顕	4号館	5号館	4号実棟	6号館	6号実棟	新1号館	
電極への付着物	茶色錆	なし	茶色錆	黒ヘドロ	茶色錆	-	黒ヘドロ	黒ヘドロ	黒ヘドロ	黒ヘドロ	微量	黒ヘドロ	黒ヘドロ	茶色錆	灰ヘドロ	微量	
排水の濁り	ややあり	ややあり	ややあり	なし	ややあり	-	あり	ややあり	あり	あり	なし	ややあり	なし	ややあり	ややあり	ややあり	
流入水の量	小量	小量	小量	多量	小量	-	微量	小量	小量	微量	中量	中量	中量	中量	微量	多量	
油状物質の有無	なし	なし	油膜微量	なし	油膜微量	-	塵泡	油膜多量	塵泡	塵泡	塵泡	なし	なし	なし	なし	なし	
ガス発生の有無	なし	なし	微量	なし	なし	-	微量	なし	微量	なし	やや多い	なし	なし	なし	なし	なし	
臭気の有無	なし	なし	なし	なし	なし	-	ややあり	ややあり	なし	なし	あり	なし	なし	なし	なし	なし	
ヘドロ堆積深さ	測定限界	5 cm	8 cm	測定限界	4 cm	-	15cm	20cm	5 cm	8 cm	10cm	5 cm	25cm	8 cm	測定限界	18cm	
洗浄・校正前のモニターの指示値 (pH)	6.96	7.10	7.06	7.18	7.49	-	6.81	6.47	7.43	6.86	7.41	6.98	7.10	7.21	7.43	8.07	
洗浄・校正後の指示値 (pH)	モニター	7.23	7.21	7.27	7.08	6.88	-	6.99	6.87	7.86	7.92	7.92	7.03	7.25	7.35	8.38	6.66
	携帯 pH 計	7.08	7.22	7.17	7.08	6.73	6.63	6.63	6.59	7.59	7.82	7.02	7.04	7.30	7.40	8.69	7.18
	差 (絶対値)	0.15	0.01	0.10	0.00	0.15	-	0.36	0.28	0.27	0.10	0.90	0.01	0.05	0.05	0.31	0.52

・調査期間：平成 12 年 9 月 4 日～25 日。ただし、ヘドロの堆積深さの測定は 12 月 19 日に実施。

・ヘドロ堆積深さの測定限界：5 cm 以下

なかった。43番は、自動洗浄機能の効果が現われている。酸浸漬に用いた酸の濃度は、当初は0.1M溶液を使用した。浸漬に時間を要するため、0.3~0.5M程度の溶液を使用した。

排水の濁りと流入水量は、ほぼ相関関係にある。流入水量が多いほど排水の濁りは少ない。

柵底部からのガスの発生の有無については、11番はやや多かったが、他の個所はいずれも微量であった。

ヘドロの堆積深さは、多い個所で柵の水深の18~23%を占めていた。ヘドロは柵の底部を棒でかき回すと、容易に浮遊した。堆積深さの測定には専用の道具を使用した。これは当研修のメンバーで考案・製作した。

(4)の電極の劣化の進行状況については、モニターと携帯pH計との指示値の差の絶対値(以下指示値の差)酸浸漬時間、較正時の応答時間を指標とし、これらの数値が大きいほど、劣化が進行していると考えた。数値については、指示値の差をpH0.2以上、酸浸漬時間を60分以上、較正時の応答時間を5分以上とした。数値の根拠は、洗浄および較正手順に記した時間や作業上許容できる時間等から決定した。

指示値の差は、特に11番(4号館)が顕著であった。この電極は酸浸漬時間を10, 20, 30分と、段階的に分け(合計60分)、浸漬時間ごとの応答も調べたが、性能回復の兆しはほとんど見られなかった。

図4にモニター電極の酸浸漬後の応答特性の一例(12番:5号館)を示す。酸浸漬時間は30分と90分である。測定方法は、電極を酸浸漬・較正の後、水道水で洗浄し、排水柵の水に浸漬させて指示値の時間的な変化を調べた。

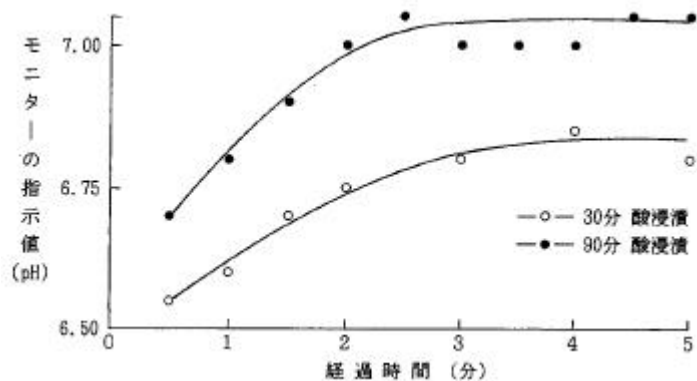


図4 モニター電極の酸浸漬後の応答特性

図5は、そこに同時に携帯pH計を投入し、指示値の差の時間的な動向を調べた結果である。

図4から酸浸漬後の応答時間(曲線の立上がりには要する時間)は、酸浸漬時間が30分の場合は3分。同様に90分の場合は2.5分であることが分かる。また、図5から酸浸漬時間が30分の場合の指示値の差はpH0.15、同様に90分の場合はpH0.00であることが分かる。

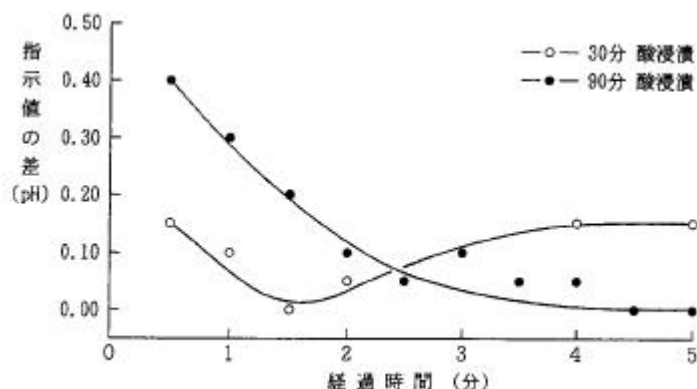


図5 指示値の差の時間的動向

5. 問題点と対策

調査結果から、二つの重要な問題があることが分かった。それは、8番の排水柵に多くの油状物質が存在すること、また電極の劣化が顕著な個所が存在することである。これらの問題は根本から解決する必要があるが、すぐに解決可能なものと、安全・技術・経費等の問題がからむため、時間を要するものがある。

5 - 1 . 油状物質

油状物質については、一定量の範囲以内であれば柵の水面に溜まる構造になっている。しかしその量を越え、これが柵の外に放流されると、河川の汚染や下水処理施設の機能低下を招く。また、電極の液絡部に油状物質が付着すると、誤作動や故障の原因となる。

油状物質（油、スラッジ）は、長柄のひしゃくですくい、10リットルのポリエチレン容器に回収（10/30,11/20）し、廃液処理施設に処理を依頼（11/21）した。回収量は、合計 25 リットルであった。回収しきれなかった水面の微量な油は、中性洗剤で処理した。作業は当該建物排水管理責任者の立合の元に行なった。また、当部局の安全委員長から油状物質の存在が確認された時点で、各専攻等に排水を流す際の注意を促した。

5 - 2 . 電極の劣化

調査結果から、モニター電極の半数が劣化していることが判明した。排水柵は常時使用されているため、すみやかな対策を必要とする。特に 11 番は、これ以上、酸浸漬を行なっても性能の回復はあまり望めない。また、現在は正常に作動している電極でもいずれは劣化するため、交換の時期を迎える。

図 6 に排水柵の構造を示す。電極の導線は排水柵の天井に設置された中継ボックスへ接続されており、そこから計器本体へと配線されている。したがって電極を交換する場合は、中継ボックスのフタを取り、劣化した電極を外し、そこへ新品の電極を接続する必要がある。しかし、交換を行なうためには、排水柵の内部に入らなければ作業が困難である。そのため、次の安全等に関する問題を解決する必要がある。偶然ではあるが、現に本研修の期間中に県内の某会社で、汚泥浄化槽（深さ 4 m）の管理作業中に二名の死亡・重体事故が発生している^[8]。

- ・排水柵は頑丈なフタによって常時密閉されている。したがって、ガスの発生が微量とはいえ窒息性等のガスが充満している可能性があり、十分な対策なしに入ることはきわめて危険である。
- ・水面から天井までの高さは、設置場所によって異なるため内部に溜まった水を排出しないと人が入れない箇所がある。
- ・内部には、様々な病原菌やウイルスが生息している可能性がきわめて高い。これらによる感染・発病の危険性は電極の洗浄・校正時にも生じるが、内部に入ることによりさらに高まる。

そこで、排水柵の内部に入らず電極を交換する方法として、次の方法を検討した。

- (1) 電極の本体を導線の取付部から外して交換する。
- (2) 中継ボックスを柵の入口に移設する。
- (3) 電極と中継ボックス間の導線を切断し、そこに防水型コネクタを接続する。

(1) の方法については、取扱説明書を参考に壊れた電極を分解してその構造を調べたが、導線の取付部まで分解すると修復が困難であり、また性能の低下も懸念されるため断念した。

(2) の方法については、モニターを設置した会社に移設を問い合わせたところ、断われた。

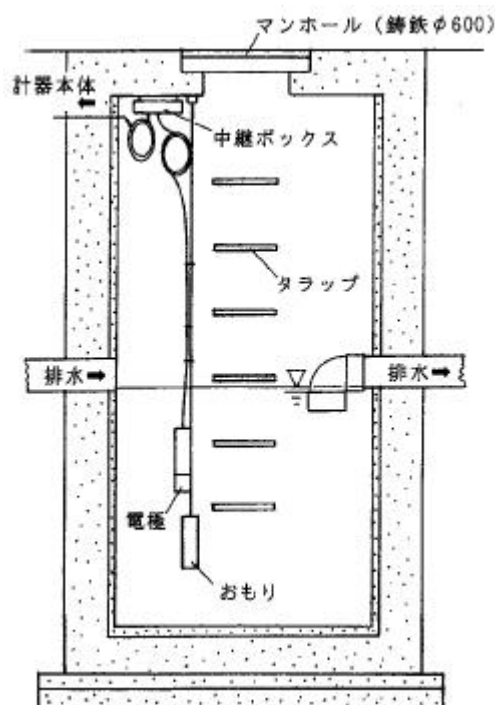


図 6 排水柵の構造（断面）

いずれにせよ、全排水柵のモニターを移設すれば、かなりの経費がかかることが予想される。

(3)の方法は、性能の低下がやや懸念されるが、労力・経費ともに少なく済み、また技術的に可能であるため、この方法を試験した。

試験方法は、電極を2種類の標準校正液(pH4, pH7)に順番に浸漬し、コネクタ接続前後の指示値の差を求めた。電極は新品を使用し、計器には予備を使用した。コネクタ(ピン差込方式、防水型、ミスミ電機製 TMW R04-PF6.3)は電極側に150cm寄った位置に取り付け、導線はコネクタのピンにハンダ付けした。

試験結果は、pH4校正液浸漬時の指示値の差はpH0.40であり、同様にpH7浸漬時の差はpH0.01であった。また、コネクタ接続後に再校正を行ない、校正液に浸漬させた時の指示値の差はpH4が0.01、pH7が0.00であった。

この電極を11番の電極と交換したところ、交換前の指示値の差はpH0.29であったが、交換後の値は0.12となった。

43番の電極については、11番に比べて指示値の差が少ないため、再洗浄と校正を行なった。この電極(自動洗浄機能付)は酸浸漬を行なうと故障すると判断したため、水道水による洗浄と校正のみを行なった。洗浄・校正後の指示値の差はpH0.00であった。

他の電極については、経時変化を調べるためしばらく放置し、指示値の差が許容できなくなった時点で、洗浄・交換等を行なうことにした。

6. 本調査および保守点検のために考案・製作した道具

図7にこれらの外観を示す。この3点の道具は入手が困難であったため、考案し、設計・製作した。設計にあたっては、機能的で製作が容易なことに重点を置いた。

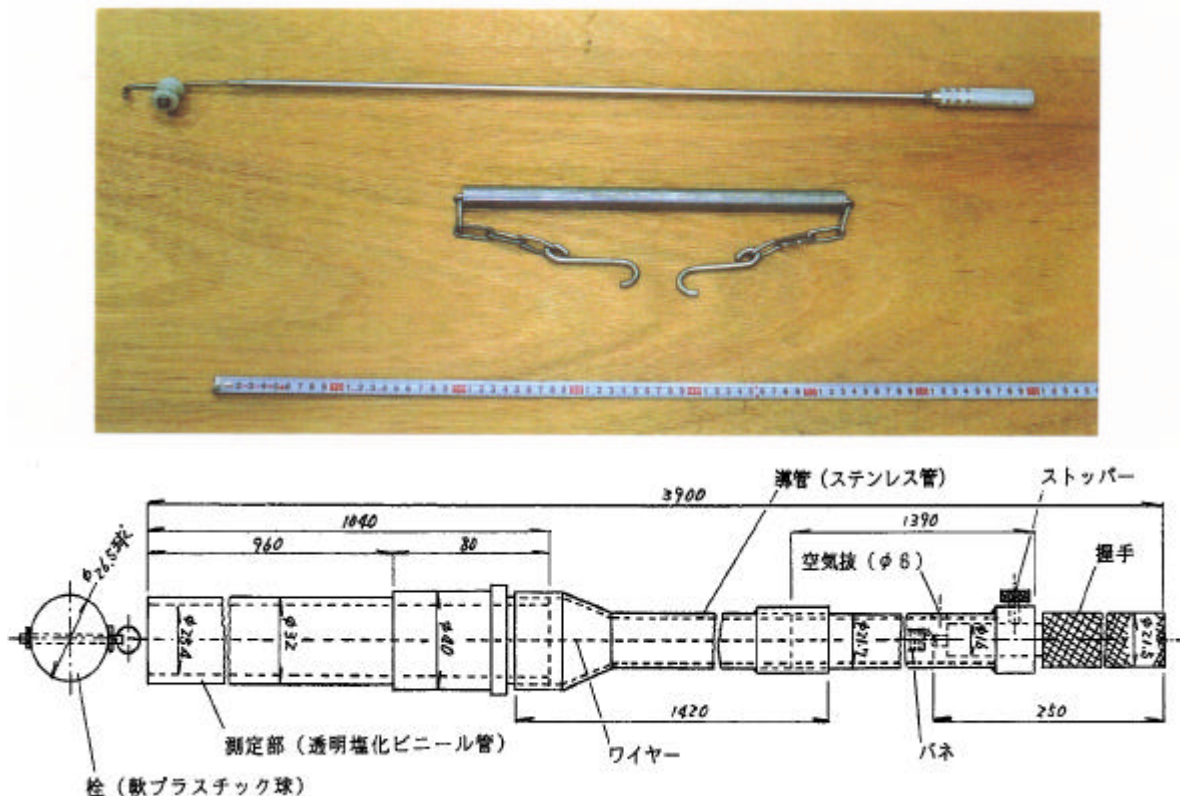


図7 考案・製作した道具等(上からトング、マンホールオープナー、ヘッドロ計)

マンホールオープナーは、マンホール開閉時の事故を減らすために製作した。トングは、排水樹中の天井から水中に吊り下げられた電極とおもりの引上げや引下ろしに使用する。ヘドロ計は、ヘドロの堆積深さの測定とヘドロの採取を兼ねている。

使用結果は、トングの柄の長さや強度に問題があったが、マンホールオープナーとヘドロ計については、多少改良の余地があるものの、ほぼ設計どおりに機能した。特にヘドロ計については、ヘドロの堆積深さを比較的精度良く測定することができ、また排水樹のどの場所からも容易にヘドロの採取が可能のため、予想以上の性能を有したと考えている。

7. 水質モニターのオンライン化の検討

屋外に設置された計器本体の裏面には、計測信号伝送用電流ループ出力端子と警報接点出力端子があり、計測信号（DC 4～20mA）はこの端子から屋内表示盤のデジタルパネルメーターへと送られている。デジタルパネルメーターでは受け取った信号をもとに計測値を表示し、この値が任意に設定された値から外れると警報を発する仕組みになっている。

学内の集中監視盤へは専用線を通じてこの警報信号のみが送られているため、計測値の把握はできない。そこで現在は各建物の排水監視担当者が表示盤の計測値を記録している。これを1個所で集中監視するため、次のような方法を検討した。

(1) 学内のコンピューターネットワークを利用して計測信号を伝送する。

(2) 現在の専用線を利用して計測信号を伝送する。

(1)の方法は、技術的には可能であるが、各建物の表示盤ごとにパソコン等を必要とする。よって設備費が高価となり、またその維持管理も必要となるため、あまり実用的ではない。

(2)の方法は、前者に比べ設置コストが低く、維持管理も容易であり、技術的にも実現性が高いため、今後検討の余地がある。

8. 本調査および保守点検のために要した費用と作業時間

作業のために使用した計器や道具等は、当初はほとんどなかったため、必要な物品をリストアップして取り揃えた。購入に要した費用は約61万円である。この内、大きな支出割合を占めた物品は、電極（8本：56%）とモニターの計器本体（17%）である。

作業は共同作業と個人作業に分けられる。共同作業は電極の較正や交換、油状物質の除去等であり、個人作業は道具や電気部品の調達、道具の設計製作、較正液の調合、撮影した写真の編集、作業メモの作成等である。共同作業は12月末現在までに21回行なった。この内の2回は作業場所の整理・整頓や作業の打合わせである。したがって、実質の共同作業回数は19回である。作業メモからこの時間を合計すると、471時間（94.2時間/月）となる。これは、6人が1回の作業で4時間強を費やしたことになる。なお、個人作業の時間については現時点では集計が困難なため、本報告では割愛する。

9. まとめ

調査結果から、油状物質の存在、およびモニター電極の劣化の問題があることが明らかとなった。

前者については、それを回収・処理し注意喚起を促したが、まだそれが排水管の中に残留しており、徐々にではあるが排水樹へと流れ込んでいる。油状物質が多く存在した排水樹は、マ

ンホールから水面までの距離が浅いため、一般の道具による回収作業が可能であったが、深いと特別な機械や道具を必要とし、作業も大変になる。一方、今回の調査ではpH値が排出基準を越えた箇所は存在しなかったが、ごくまれに警報ブザーが鳴ることもあり、一時的に基準値を超えた排水が流れ込んでいる可能性も否定できないため、予断を許さない。

後者については、電極と中継ボックスの間にコネクターを接続することで、電極交換が容易になることが実証された。このことは、電極の洗浄作業を屋内の作業場等で行なえることを意味しており、作業の安全および作業時間の短縮に結び付く。

なお 12 月末現在、指示値の差が顕著になりつつある樹も出はじめた。これについては、現在行なっている新たな方法が技術的に確立次第、正常な電極と交換する予定である。

謝辞

調査および保守点検業務を行なうにあたり、諸費用や作業場所の確保および安全・技術上の問題で常にご相談・お骨折りいただいた当部局安全委員長の正畠宏祐教授、また保守点検技術の指導やアドバイス、そして一部測定計器を貸与下さった廃棄物処理施設の千葉光一助教授、藤森英治助手に感謝の意を表す。

研修および業務の進行や予算・技術面でご指導いただいた当技術部の小林勝司、丹羽文夫、星野善樹の各技術長に感謝の意を表す。

微弱電流の配線についてアドバイスをいただいた当技術部の増田俊雄技術主任、本報告書作成上、諸々のアドバイスをいただいた堀木幹夫専任専門職員、図 1 の元版の使用を快くご承諾下さった松永憲一技術班長に感謝の意を表す。

参考資料

- [1] 工場排水などの水質規制（名古屋市下水道局 平成 11 年 3 月）
- [2] 名古屋大学東山地区実験排水設備工事図面（日本設備工業 平成 11 年 3 月）
- [3] S L I M 48 p H M E T E R C P -480 カタログ（C O S 株式会社 平成 12 年 5 月）
- [4] p H 計変換器保全仕様書（株式会社 C O S ）
- [5] 携帯型 pH/ORP 計取扱説明書（柴田科学機器工業株式会社 1997 年 5 月）
- [6] p H 電極の維持管理について（名古屋市上下水道局 平成 12 年 4 月）
- [7] 水質モニター槽の管理作業（廃棄物処理施設 平成 12 年 8 月）
- [8] 中日新聞 夕刊（平成 12 年 10 月 25 日）