

## 1. 自動採水の目的

### 1.1. それは負荷量調査からはじまった

30年以上も前、瀬戸内海、伊勢湾、東京湾の汚染が深刻な状態になったため、総量規制が施行された。これは、それまでも一定量以上の事業排水を河川などの公共用水域へ放流する場合には水質規制はあったが、地下水位をどんどん汲み上げて希釈する方法規制を逃れる事例もあって、公共用水域の汚染が進行したため、水質ではなく負荷量、要は汚濁物自体の絶対量で規制しなければ必要が生じたことによる。

#### (1) 負荷量の説明

まず、汚れたものの固形物をイメージする。これが負荷量。少ない水で希釈すると濃い汚れの水が、多い水で希釈すると薄い汚れの水ができる。水質規制では濃い汚れか薄い汚れかで規制していたが、地下水を汲み上げて希釈すると薄い汚れの水になるので規制をクリアできるが、汚れたものの固形物に変化が無く、瀬戸内海のように閉鎖性水域では汚れがどんどん溜まってしまうので、自然浄化で回復できるレベルにまで、汚れの固まりそのものを減らす必要がある。

#### (2) 負荷量の計算方法

水質は、温度と pH を除けば通常、濃度で表し、単位は mg/l を用いることが多い。これは水 1ℓあたりの汚れたものの固形物の重さを mg 単位で表したものだ。汚れの比重が水と同じなら、昔使われていた単位の ppm(100 万分の 1)と同じになる。瞬時の負荷量は、次式に示すように、水質と流量を乗算して計算し、累積すれば負荷量になる。

$$\text{水質}(\text{mg}/\ell) \times \text{流量}(\ell / \text{s} \text{ など}) = \text{瞬時負荷量}(\text{mg}/\text{s})$$

累積したのが負荷量 (kg/年など)

#### (3) 負荷量を調査する方法

平均的な水質が判るなら、負荷量はこれに積算流量を乗ずるだけで計算できるし、水質に時系列変化がほとんど無ければ、代表的な水質を一度だけ測り総積算流量を乗ずればよい。単一品種生産工程で調整用の排水ピットが設けられている場合がこれに相当するだろう。逆に流量が常に一定なら、一定時間ごとに水質を計測して、平均水質を計算すれば簡単に負荷量を計算することができる。

しかし大半の事業排水は、水質・流量とも時間的に変化するもので、負荷量を調査することは簡単ではない。一般的には、作業時間内で一定時間ごとに水質を測定し、その時々々の流量と乗算して負荷量を計算する方法をとる。もしくは、流量に採水量を比例させて混合して平均水質をもつ試料を作って負荷量を計算する方法が一般的である。自動採水器は、これらの作業を人が行うことが、現実問題として困難なために、生まれてきた。

### 1.2. 自動採水に必要な機能

#### (1) 手汲み採水と同様の水質を得ることができる

- ・ 共洗い機能を有する：手汲みの場合、採水用のバケツは採水前に採水箇所の水で洗

うことが規制に示されている。これは前採水時の残った汚れで、今回採水の試料を汚すこと（クロスコンタミネーション、略してコンタミ）を避けるためである。自動採水器にも同様の機能が求められるため、真空ポンプ方式では空気で採水管の残っている水を吐き出した後、採水して真空タンクに一旦溜めて採水口に吐き出す機能、ペリスタポンプ方式では、試料を自動採水器の高さまで一旦吸って吐き出す機能が付いている

- ・ 9.5mm 以上の採水口径をもつ：EPA（米国環境保全局）の実験からは、これ以下の口径では、手汲み採水の SS 値とは異なる結果になることが明らかにされている。これは、内壁の抵抗によるもので、手汲み値の半分くらいになることも珍しくない。また、水中ポンプなどで吸い上げる方式で汚物による維持管理を避ける目的で、かごの中にポンプを配置するような方法では、漉された試料を採取することになるので正確な水質を得ることができない
- ・ 90cm/sec 以上の採水速度を、必要とする採水揚程で保持できる：これ以下の採水速度では、手汲み採水の SS 値とは異なる結果になることが明らかで、これにより自動採水器の比較試験による評価が EPA より出されている。SS 等にかかる重力が影響して、採水速度が小さいと上澄み試料を採取する状態になるため
- ・ 採水口を代表的な水質を得られる流水断面に置く事ができる

#### (2) 定時・プログラムタイマ採水機能をもつ

- ・ 人が苦手とする正確な時間間隔の採水を目的に、随時の手動採水のほかに、5・10・15・20・30・60分 3・6・12 時間間隔などにセットできるタイマをもつ
- ・ 合流改善対策用の調査仕様として、一定時間の降雨量を採水開始スイッチにして、降雨初期は短くして、段々に採水間隔を伸ばすプログラムを設定できるものもある
- ・ ディスクリット採水では、複数ボトル連続採水や 1 ボトル分割採水機能、流量比例採水に用いる場合として深夜の流量が少ないときでも 1 採水/時間などのタイマ採水を割り込ませる機能を持つものがある

#### (3) 流量比例採水機能をもつ

- ・ ①流量比例採水の方法として、一定時間ごとにその間の積算流量に採水量を比例させて採水する方法または、②設定した積算流量ごとに時間とは関係なく一定量の採水を行う方法のいずれかの機能をもつ
- ・ 装置的には、②の方が積算出力スイッチだけですむので機構が簡単のため、大半がこの方式である。ただし、深夜など流量が少ないときの試料数が少なくなりすぎる時があり、プログラムタイマを組み合わせることがある

#### (4) 必要な採水量を確保でき、かつ 1 回採水量にばらつきがない

- ・ 一般的に、濃い水質よりも薄い水質のほうが多量の分析試料を必要とする。生下水における、BOD、SS 等の水質分析では、500ml 以上必要で、水質項目によっては 2 ㍓以上必要な場合もあって、分析目的により必要な採水量が決まる

- ・ 流量比例採水では、前記①②いずれの方法でも 1 回採水量の精度が必要である
  - ・ コンポジット採水では満水停止機能、コンポジット採水ではフル本数停止機能が付いている
- (5) 試料の保冷機能をもつ
- ・ BOD (生物化学的酸素要求量) の定量では、試料の低温保管が必要で、高温で放置すると水質が変化して分析できない
  - ・ そのため、定置型の自動採水器では採水瓶は冷蔵庫内に配置され、ポータブル型では、採水瓶は氷やドライアイスを収納できる保温ケースに配置されるようになっていく。
- (6) 採水制御機能を持つ
- ・ スイッチによる稼働制御：特定水位・降雨量・水質をスイッチにして自動採水器を稼働させるもの。これにより雨水吐越流採水、降雨期間中採水、定水位間採水、水質異常時採水など、人為的には困難な採水を実現できる
  - ・ 流量計による採水制御：流量計からの一定積算流量ごとの採水信号を受けて、自動採水する、または一定時間ごとにその間の積算流量に比例した 1 回採水を変化させて採水する
- (7) 水質適合
- ・ 真空ポンプ式にしるペリスタポンプ式にしる吸い上げる方式では、結果として試料中の空気が抜かれるため、DO(溶存酸素)の値が変化する。DO はその場で直ぐに測るか、連続測定するしかない
  - ・ ノルマルヘキサン (油脂成分) は、水面に大半が浮くので、自動採水には適さない。採取瓶の口を開け、水底から水面まで定速度で移動しながら、試料を採取する方法が一般的
  - ・ 微量な毒性物質や、試料の変性を予防するために定着剤を予めボトルに入れる方法などは、採水器を 1 日以上放置することが多い自動採水には不向き

## 2. 自動採水の方法

### 2.1. 2つの採水方式

#### (1) 真空ポンプ方式

- ・ 採水パイプで採水口と接続されたタンクに、真空ポンプで負圧をかけ試料をタンク内に定量採取し、採水瓶に落下注入する方式
- ・ 1 回採水量は、タンク内のレベルスイッチで調節する

#### (2) ペリスタポンプ方式

- ・ ローターの周囲にシリコンチューブを配置し、ローターを回すことでチューブをしごく事により採水するシンプルな方式

- ・ 1回採水量は、ローターの回転数で決まる

## 2.2. 自動採水器の設置

### (1) 採水口

- ・ 水面に近い部分は、油分や比重の軽いものを多く採取してしまい、水底は、底質試料を採取してしまいうので避ける
- ・ 水深が変化しないような水路では、流れ断面の中心あたりに採水口を配置する
- ・ 水深が変化する場合、空瓶などを浮子にして、水面から一定深さに採水口が来るようにする
- ・ 付着対策として採水口に布などを当ててはならない。採水口の方向で工夫すること
- ・ 合流点や落下点など試料が混じりあう箇所は、代表的水質を採取する箇所に相応しい

### (2) 採水管

- ・ 採水経路に試料が滞留しない様に配置する。採水管は通常、ビニル製やシリコン製チューブを用いるが、勾配を付けて上手く配置できないと滞留する
- ・ 採水管は必要採水限度の長さにするのが、滞留や管内汚損を少なくするために望ましい
- ・ 紫外線の影響を受けにくくする。屋外引きチューブは茶色などに着色して紫外線の影響を受けにくくする
- ・ 採水揚程（試料先から自動採水器までの高低差）は、どちらの採水方式も負圧を利用するため、原理的には10m程度、実際には4~5m程度しか有効採水速度で吸えないものが多い。したがって、水面から採水器までの高低差が大きいときは、中間槽を設けて加圧押し上げを組み合わせないと、必要な試料を得ることができない

### (3) 採水器本体

- ・ 安全かつ作業性が保たれる前提で、水面からできるだけ離さずに採水器を設置することが望ましい
- ・ 点検のし易さを、常に考慮すること

### (4) 採水ボトル

- ・ 採水対象に適合するボトルを用いること（ポリエチレン製は不可で、ガラス製でなければならない水質がある）
- ・ 試料濃度に対応する採水容量がある（薄いほど多くの資料を必要とする）
- ・ ボトルは、洗浄されたものを用意する必要がある（微量な成分を分析する場合は純水で洗浄し、一般生活排水でSSやBODを分析する場合は水道水で洗浄する）

### (5) 保冷・保温

- ・ 保冷を必要とする試料採取のときは、かちわり氷や、冷やし過ぎないようにドライアイス新聞紙で何重にも包んだ保冷剤を用いることが多い

- ・ 屋外設置では遮光や遮熱、寒冷箇所では試料が凍らないように保温に留意する

#### (6) 電源

- ・ 定置型では、AC+補償電源、ポータブル型では DC バッテリー電源を用いる
- ・ 長期採水調査のときは、試料回収時に電源を交換する

### 2.3. 採水制御

#### (1) コンポジット（混合）採水またはディスクリット（個別分割）採水の選択

- ・ 設計書に記載されている採水仕様を遵守し、調査目的に合わせて、適当な方式を選択する
- ・ コンポジット採水は通常、平均(代表)水質試料の採取を目的に、流量比例採水で用いられることが多いが、流量変化が少ないときは、タイマ採水によっても問題ない。採水の連続性を確保するため、コンポジットボトル複数本を定期的に切り替える場合もある
- ・ ディスクリット採水は、通常、12 本または 24 本の試料瓶に採水するもの。一番多いのは1 時間に 1 本ずつ試料を採取する方法。それぞれの水質を分析して、そのときの積算流量から負荷量を計算する。採水の連続性や長期採水に備えて、採水器を複数台連ねて用いることもある

#### (2) コンポジット採水の設定

- ・ 設定積算流量ごとに一定量の試料を採取する方式では、次の方法による
  - ① 採水回数 =  $\text{ボトル容量} / 1 \text{ 回採水量}$
  - ②  $1 \text{ 回採水量} = (\text{予想最大積算流量} / \text{採水期間}) / \text{採水回数}$
  - ③ 採水途中でボトルが満水にならないように  $\text{ボトル容量} \times 0.8$  または、 $\text{最大積算流量} \times 1.2$  とする
  - ④ 採水回数は、ポータブル電源の場合、途中でバッテリーダウンしないように。経験的には 30~50 回程度(厳密ではない。細か過ぎるのはトラブルの元だし、粗過ぎるのは、平均値精度を悪くする)
  - ⑤ 1 回採水量は、少ないほどコンタミの影響を受けやすく、定量精度が落ちやすいので、経験的には 100m l 以上が望ましい
- ・ 一定時間ごとに流量に比例した試料を採取する方式では、次の方法による
  - ① 採水回数 =  $\text{ボトル容量} / \text{設定時間間隔}$
  - ② 採水流量比 =  $1 / (\text{予想最大積算流量} / \text{採水期間}) / \text{ボトル容量}$

#### (3) ディスクリット採水の設定

- ・ 採水時間間隔 =  $\text{必要採水期間} / \text{採水本数}$
- ・ 連続採水回数 = 必要とする  $1 \text{ 回採水量} / \text{ボトル容量}$  (分析に必要な分量よりもボトル容量が小さい場合に用いる)
- ・ 分割採水回数 =  $\text{ボトル容量} / \text{ボトルごとの必要採水回数}$  (1 時間毎に 5 回同じボト

ルに採取するケースや、プログラム採水で用いる)

3. まとめ（自動採水のポイント）

- ・ 採水の目的を理解することから出発
- ・ 試料変性や、コンタミ要因を排除し、分析水質と試料濃度に合った採水を心がける。  
要は手汲み採水に近い試料を採るための工夫をする
- ・ 自動採水器の限界と有用性を理解し、十分条件を満たした上で、採水器の信頼性（故障なく採水でき、採水不良を起こさない）を最重要課題とする

以上