

### 3 水域の分類と特徴

水域汚濁は、水域内に流入する汚濁物質の濃度が自然状態よりも高くなった場合に生じる。流入した汚濁物質の濃度を決定するメカニズムは、水域の流れによる移流、水の乱れによる混合（拡散）、水域内部における物理的・化学的・生物的相互作用（まとめて「化学反応等」という。）によっている。水域における流れ、乱れ、化学反応等は、海域、湖沼、河川等により大きく異なり、さらに、海域によっても、流れが速く水が十分に混合している場合もあれば、流れが遅く密度成層しているため混合が極めて抑制されている場合もある。

このように、汚濁物質の濃度を決定するメカニズムは水域によって大きく異なるが、水質を予測する上でこれらのメカニズムのすべてを考慮することは不可能であり、主要なプロセスを考慮して予測を行っているのが現状である。したがって、水域の特徴に応じてその支配的なプロセスを考慮できるような予測手法を選定することが必要である。

海域、湖沼及び河川の各水域の水質汚濁のプロセスの特徴と予測手法の選定において配慮すべき事項等については、次のとおりである。

#### (1) 海域

瀬戸内海の湾域は水深が浅く、閉鎖性が強い。また、湾岸域は、海域への負荷流入量が多い。栄養塩の流入による富栄養化が進んでおり、夏季には底層での貧酸素が問題となることが多い。潮流は湾口部、海峡部等では速い。

このような海域では、夏季に水質が悪化する傾向があり、富栄養化による水質汚濁メカニズムを考慮する必要性が高い。したがって、水質予測は、富栄養化による水質汚濁メカニズムを考慮できるモデルを用いて行うことが望ましい。また、これに対応して流れのモデルは、多層モデルとなる。

#### (2) 湖沼

湖沼の水質に大きな影響を与える因子として、湖の容積、水深、表面積、水収支、流入汚濁負荷量などがある。この中でも、容積と水収支を統合した指標である滞留時間及び栄養状態が湖沼の水質特性を分類する要因としてあげられる。

##### ア 滞留時間

湖沼の滞留時間は、容積（ $m^3$ ）を年平均流入水量（ $m^3/年$ ）で割って求める。日本の湖沼の滞留時間は数日から数十年に及ぶものがある。滞留時間が2週間以上であると富栄養化の可能性があるとされ、我が国の湖沼のほとんどはこれに該当する。

湖沼の水質は、流入水の負荷量による外生汚濁と、湖内の化学的・生物的反応に起因する内生汚濁に分けて考えることができる。滞留時間が短い湖沼では当然外生汚濁の影響が強くなり、湖内水質はほとんど流入水の性質によることになる。滞留時間が長くなると、流入水の変動に対する湖の応答はゆっくりしたものとなり、湖内生態系の営みに関連する内生汚濁の役割が大きくなる。

湖沼における水質の予測では多くの場合、富栄養化機構を考慮する必要があるが、その必要性の度合いは湖の滞留時間に依存していることになる。

##### イ 富栄養化限界

一般に自然の湖沼では遷移系列というものがあり、数百年から数千年の長い時間をかけて貧栄養湖から富栄養湖そして低層湿原に至る栄養状態の遷移をいう。これは自然流域内の水循環過程の一部として生じるものであり、堆積作用の結果である。しかし、現在問題となっている富栄養化は人間活動の結果生じる大量の栄養塩負荷量が集水域に流入するために地質年代的な時間と比較すると非常に短

時間で起こるものであり、様々な利水上の障害を生じる。

富栄養化の段階に応じて湖内の内生汚濁の状況は異なったものとなる。湖沼の富栄養化度は一つの指標で判断できるものではなく、栄養塩濃度を始めとする多くの指標を用いて総合的に判定される必要がある。

### (3) 河川

河川の流動の形態としては、中上流域で海の塩水の影響を受けない順流域と河口に近く塩水の影響を受ける感潮域に大きく分類できる。

#### ア 順流域

順流域の特徴は一般に流れが速く、一般には富栄養化等の問題は起きにくい、その水質は上流からの流入水、支川、排水等の水質に大きく依存することになる。順流域の流動は、河川の断面形状、勾配、流量により基本的に規定されており、流動計算法としては、不等流計算が一般に用いられる。水質予測手法としては、流れが決まれば、それをもとにした物質保存の式を解く方法、水塊の流下時間に対応した浄化量を考慮する方法などがある。

#### イ 感潮域

感潮域の特徴は、海からの塩分の影響を受けていること、潮汐の影響によって往復流の存在があること、あるいは往復流ではなくとも潮汐の影響による流れの強弱があることである。塩分が河川内のどの距離まで遡上するかは、河川の勾配、上流からの流量、河口潮汐の振幅の大きさなどに影響を受けている。河川流量が多いときは遡上距離は短く、河口潮汐が小さいほど遡上距離は長い。

塩水遡上がある河口域では、上層の流れは河口に向かう方向であるが、下層は塩水遡上のために上流に向かう流れが存在するのが普通である。感潮域が長い場合には大きな潮流により混合が促進するが、堰等の存在により感潮域の距離が短くなる場合には、潮流が小さくなり、塩分の存在によって混合が抑制され、堰の下流直下において貧酸素等の問題が生じる場合がある。また、堰上流においても流れが弱まることにより川と湖の中間的な性格を帯びることになり、富栄養化等の問題を生じる場合がある。

感潮域においては、潮汐の影響により流れが時間的に変動するため、流動計算法としては不定流計算法を用いるのが一般的である。また、塩水の進入による上層と下層での流向の違いを考慮するためには、多層モデルを用いる必要がある。河川の幅方向には平均化することが多いが、問題によっては3次元のモデルを用いる必要がある。流れが決まれば水質計算では物質の保存式を解くことになるが、滞留域において、貧酸素や淡水赤潮が問題となる場合には、富栄養化のメカニズムを考慮する必要がある。

### (4) 河川河口部における混合の形態（混合様式の例）

河川下流部においては、河川からの淡水の流出と海域からの海水の侵入が、程度の差はあっても常に生じており、潮汐の非定常的な動きに伴って複雑な流動形態が出現する。下流部における流れの形態は、乱れあるいは混合の強弱により、通常、次の3つの型に分類される。

- ①強混合型：強流によって河道内に強い乱れが存在し、密度（従って塩分も）は水深方向に一様化しており、密度勾配は水平方向にのみ存在する。
- ②緩混合型：水深方向、水平方向に両者に密度勾配が存在する。
- ③弱混合型：表層の淡水層と底層の海水層がほとんど混合せず、明瞭な成層をなす場合で、塩水くさびとも呼ばれる。

例えば、強混合の場合には、水は鉛直的によく混ざっているから、予測モデルと