

5. 経年分析の方法

2002年度から（調査開始の年度が異なるため物質・媒体により2003年度以降から）の調査結果が経年的な傾向が統計学的な有意差をもっているか、図2に示す手順の分析及びその分析結果に対する評価を、以下に示す方法により行った。

経年分析の対象とする地点とは、それぞれの調査物質において調査を開始してから2024年度までの期間内において2か年以上調査を実施していない地点を除いたものを分析対象地点とした。

また、水質においては、2002年度は、1調査地点当たり3点で試料を採取し、それぞれを測定している。一方で、2003年度以降は、1調査地点当たり1点で採取した試料を測定している。このため、2002年度は、各調査地点とも、3検体の結果のうちで2003年度以降も継続して試料の採取が行われている点における1検体の測定結果のみ経年分析に用いることとした。

底質においては、2009年度以前は、1地点当たり3点で試料を採取し、それぞれを測定している。一方で、2010年度以降は、1地点当たり3点で採取した試料を、調査地点毎に等量ずつ混合して1検体/地点として測定している。このため、2009年度以前は、調査地点毎に3つの測定結果を算術平均することで得られる値を経年分析に用いることとした。

生物においては、2009年度以前は、原則として1地点当たり5試料を調整し、それぞれを測定している。一方で、2010年度は原則として1地点当たり5試料から中間的な大きさの試料として3試料を選択して調整し、これを混合して1検体/地点として測定している。2011年度以降は原則として1地点当たり3試料をそれぞれ調整し、調査地点毎に等量ずつ混合して1検体/地点として測定している。このため、2009年度以前は、測定地点毎に5つの測定結果を算術平均することで得られる値を経年分析に用いることとした。

また、生物のうち鳥類に関しては、2013年度の調査から調査対象生物をカワウに変更したが、それに伴い調査地点を変更したことから2012年度までの結果と継続性がないため、経年分析の対象外とした。

- ① 2002年度以降の調査において継続的に調査を行っている地点（複数年度で欠測が生じていない地点）の調査結果（具体的な調査地点名は前掲の表5-1から表5-4を参照のこと。）において、いずれかの年度の調査結果に検出下限値未満（nd）が検体の1/3以上存在する場合は、濃度の最多頻度が検出下限値未満（nd）となる場合があることから、検出下限値未満（nd）が検体の1/3を超える年度がない調査結果について、経年分析を行うこととした。
- ② 経年分析は、年度と対数濃度との回帰直線（対数線形回帰モデル※）を作成し、その回帰直線の傾きから増減傾向を判断することとした。回帰直線を作成する際には、測定結果の残差分布に従って各測定値の尤度の総積を最大とする方法（実データに基づいた残差分布による最尤推定法※）を利用して直線を選択した。なお、残差分布に複数のピークが存在する場合、又は各地点の減少傾向と2002年度（又は2003年度）の濃度に関連性があると示唆された場合には、地点を高濃度群及び低濃度群の2群に分け経年分析を行い、全体の傾向と矛盾が生じないか別途検討した。また、地点毎の検体数が異なる場合には、地点毎のデータの重みが等価となるよう重み付けを行った。

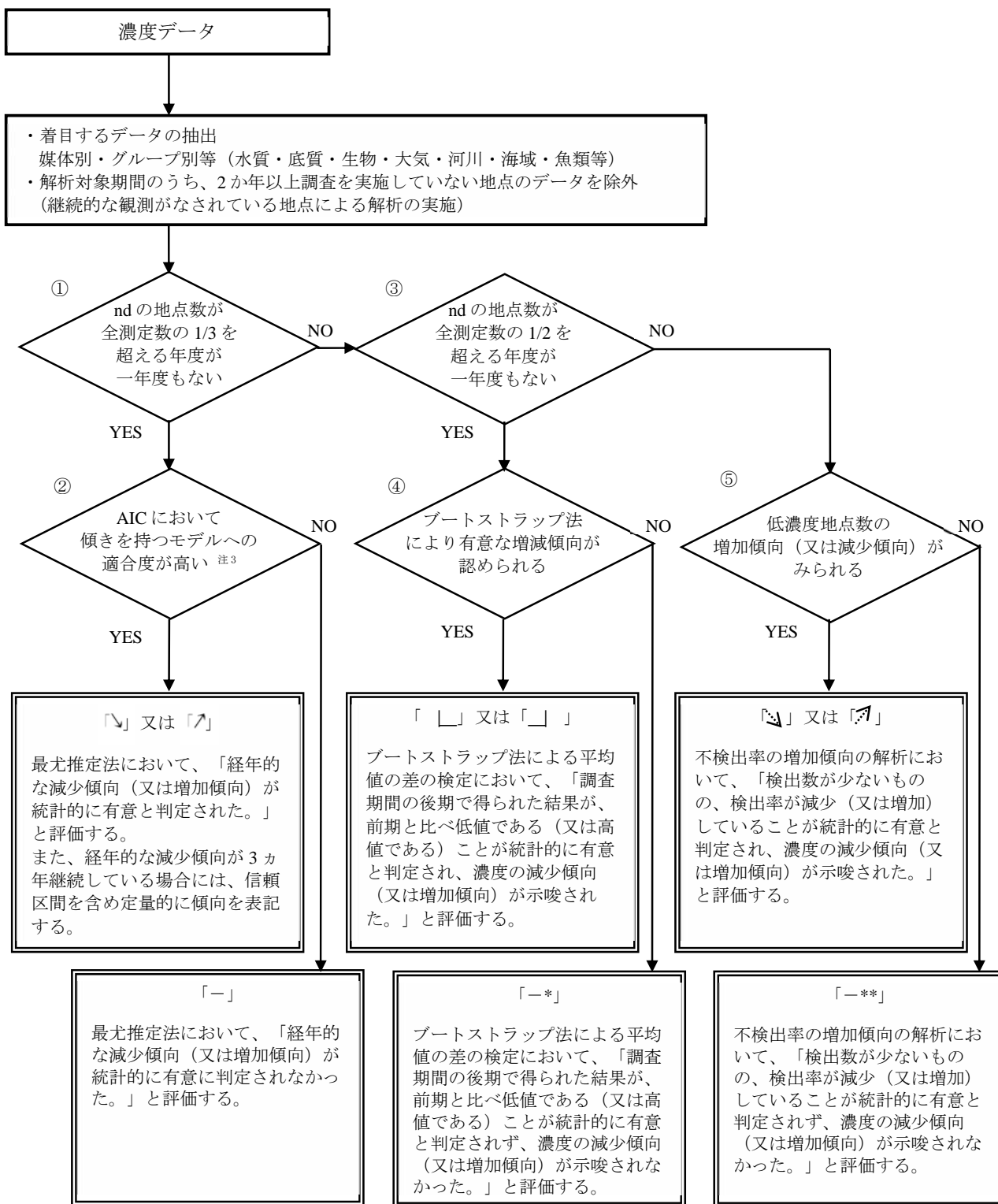
さらに、回帰直線「経年変化のあるモデル」のAIC（赤池情報量規準）※を求め、傾きを0とした回帰直線「経年変化のないモデル」のAICと比較し、モデルの適合度を評価した。「経年変化のあるモデル」が適合と判断したものについて、①で得られた回帰直線の傾きが負である（又は正である）場合に、「減少傾向（又は増加傾向）が統計的に有意と判定された。」と評価し、後述の6. 調査結果の概要で

示す表10においては「↓」（又は「↘」）と表記した。また、3か年以上継続して減少傾向が続く場合には、定量的な情報として調査結果に基づく環境中における半減期を表10に併記することとした。

- ③ 検出下限値未満（nd）が検体の1/3以上存在する調査結果においては、①で述べたとおり実データに基づいた残差分布による最尤推定法による回帰直線での経年変化の分析を行うことは適切ではないとされたため、ブートストラップ法を用いた平均値の差の検定※を適用した。本検定では、調査を実施した2024年度まで調査結果のうち、各物質においてモニタリング調査開始から8か年を前期、直近の2017年度から2024年度までを後期とし、前期及び後期の各年度で検出下限値未満（nd）が1/2以上存在していない調査結果において、前期の濃度と後期の濃度に有意に差が生じているか判定をすることとした。なお、調査年度が少ないペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）、ペルフルオロオクタン酸（PFOA）及びペンタクロロベンゼンについては、解析する媒体によっては前期及び後期の対象年数が6か年未満になる場合がある。
- ④ ブートストラップ法を用いた平均値の差の検定を行い、P値が5%未満のものについて差があると判断し、かつ、その差が後期の濃度群より前期の濃度群が低値である（又は高値である）場合には、「調査期間の後期で得られた結果が、前期と比べて低値である（又は高値である）ことが統計的に有意と判定され、濃度の減少傾向が示唆された。」と評価し、表10においては「└」（又は「┘」）と表記した。
- ⑤ 検出下限値未満（nd）が検体の1/2以上存在し、実データに基づいた残差分布による最尤推定法による回帰直線での経年変化の分析及びブートストラップ法を用いた平均値の差の検定による分析が適切ではない場合には、解析の対象とした期間における最も高い検出下限値に着目し、その検出下限値を下回る地点を「低濃度地点」と定義し、低濃度地点数が有意に増加（又は減少）した場合には、「調査期間における低濃度地点数の増加傾向（または減少傾向）が統計的に有意と判定され、濃度の減少傾向が示唆された。」と評価し、表10においては「↘」（又は「↗」）と表記した。なお、各年度における検出下限値の違いによる影響を回避するため、解析する際には解析対象年度内で最も高い検出下限値を用いて二項分布を想定したロジットモデルで最尤推定法を実施し、低濃度地点の割合を算出することとした。

なお、②の判断において減少傾向（又は増加傾向）が統計的に有意と判定されない場合には、表10において「—」と表記した。また、④の判断において差があると判断されない場合は、ブートストラップ法において調査期間の前期と後期との差が統計的に有意と判定されない場合として「—*」と表記した。また、⑤で検出した検体数の割合が有意に減少していない場合においては、検出率の減少（又は増加）が統計的に有意と判定されない場合として、表10において「—**」と表記した。

※ 経年変化解析の詳細な解析手法はそれぞれ章末に参考資料2として記載した。



(注1) 図中の①～⑤の番号は、前述した経年分析の方法の項目番号と対応する。

(注2) 濃度データが検出下限値未満（nd）の場合には、図中の⑤の分析を除き、検出下限値の1/2として解析を実施している。

(注3) ②において、AICにおいて傾きを持つモデルへの適合度が高い場合、回帰直線の傾きが負であれば「経年的な減少傾向が統計的に有意と判定された。」と評価し、回帰直線の傾きが正であれば「経年的な増加傾向が統計的に有意と判定された。」と評価する。

(注4) ブートストラップ法の対象となる年度は、各物質においてモニタリング調査開始から8か年及び直近の2017年度から2024年度までの8か年としている。なお、ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）、ペルフルオロオktan酸（PFOA）、ペンタクロロベンゼン、ヘキサクロロブタ-1,3-ジエン及びペルフルオロヘキサンスルホン酸（PFHxS）については、解析する媒体によっては前期及び後期の対象年数が8か年未満になる場合がある。

図2 経年分析の手順及び分析結果に対する評価方法