

## 第 8 章 結論

“琉球列島における赤土汚染と水環境に関する調査研究”と題して、沖縄本島中部に設置されている貯留型沈砂池において、自動化を念頭に置いた赤土濁水の放流判定の手法確立に向けて、画像処理システムを導入した濁水評価測定装置の開発とその評価方法について考察を試みた。さらに沖縄本島と西表島などでの代表的な土壌や湧水・河川水などを対象として、化学成分組成レベルからの考察を通して、土・水環境の実態について検討を加えた。琉球列島における海浜域への赤土流出に起因する汚染実態の評価には、海浜砂の含有酸化物組成に着目した新しい手法を提案し、その評価手法に基づいて沖縄本島や石垣島での海浜域や干潟域での赤土汚染の実態について詳細に考察を試みた。本研究で得られた主な知見を以下にまとめ結論とする。

### (1) デジタル画像処理システムを導入した赤土濁水評価

伊原のデジタル画像原理を導入した濁水評価測定装置に、新たに改良を加えて作製した濁水評価測定装置 I 型と II 型を使用し、輝度から SS 濃度の評価を行った。I 型において輝度値 40～174 範囲の輝度と SS 濃度との相関性を求めた結果、SS 濃度 100～900  $mg/l$  範囲で輝度による濁度評価が可能であることが分かった。また II 型では輝度値 0～255 を 4～5 区間に分け、各区間内での輝度と SS 濃度との相関性を求めた結果、I 型では評価できなかった低濃度から高濃度範囲を高い精度と再現性で評価可能であることが分かった。これにより、II 型は現地での濁度評価の実務に十分寄与できるものと判断された。今後は、現地でまれに発生する SS 濃度が 2000  $mg/l$  を超える超高濃度域への適用の検討と、室内と現地測定間での SS 濃度評価に重要な検量線の補正方法について検討することが必要となる。また測定装置は高温多湿の亜熱帯性気候下に長期間設置されることから、装置の耐久・耐暑・防湿性など、防備・保護に関する現地データの収集が重要となる。

### (2) 赤土の化学的性質

分析対象とした赤土の pH は、ほとんどの土試料が 7 以下の範囲であり、強酸性～弱酸性を呈す国頭マージの土壌的性質を示した。若干、島尻マージの土壌的性質を示す、pH が 7 付近の弱アルカリ性を呈していた。赤土の化学成分の溶出性としては、 $Na > Ca > Mg > K$  の傾向が認められるが、これらの化学成分の溶出量は含有量に比較してごく微量で、溶出能力の非常に低い性質を有していることが分かった。これは赤土を構成している主要な含有酸化物組成の内、

質量百分率で約 90%が難水溶性のケイ酸( $\text{SiO}_2$ ), 酸化アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 酸化鉄( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )で占められており, イオン溶出性の高い酸化カルシウム ( $\text{CaO}$ ), 酸化マグネシウム ( $\text{MgO}$ ), 酸化ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) などの水溶性酸化物の含有量が極めて少ないためと推測される. すなわち, 赤土は化学的風化が顕著な土壌で, しかもミネラル成分の溶出能力が低いことから, 化学的には, 酸性物質などに対して中和作用を発揮する緩衝機能の低い土といえる.

### (3) 海浜・干潟域の赤土汚染実態

沖縄県の島々で発生している深刻な赤土汚染の実態を評価するために, まず海浜・干潟域の赤土流出状況を定量的に推定できる赤土汚染評価手法を提案している. 沖縄県特有のサンゴ砂の海浜域への赤土の流出状況を, 海浜砂や干潟底質土に含有される赤土の主要酸化物成分で定量化し, 海浜・干潟域での赤土の汚染度合いにランク付けする手法である. この提案手法を適用することによって, 沖縄本島と石垣島の海浜・干潟域での深刻な赤土汚染の実態が把握された. その結果, 沖縄本島では, 中部東シナ海側から北部および太平洋側中部域に掛けて, 汚染度レベルⅣとⅤに評価される海浜域が多数点在していることが分かった. 赤土汚染の深刻な海浜域の陸側には, 赤土の流出起源となる裸地化した露頭域が散在している場合が多い. 石垣島では, 沖縄本島ほど, 赤土汚染の深刻な海浜域は少ないが, 汚染度レベルⅢまたはⅣを示す海浜砂も多少確認された. 石垣島では, 農地や牧場からの赤土流出が深刻な問題となっており, 防止対策の強化が一層求められる. また本島と石垣島でも代表的な河口干潟域(本島:古知屋潟原, 石垣島:宮良湾と名蔵湾)での底質土の分析からは, 特に本島の場合には深刻な赤土汚染は海浜域にとどまらずかなり沖合まで進展していることが確認された. このことから汚染度ランクの高い多くの海浜域では, 河口からかなり沖合域まで赤土汚染が深刻化していることが推察される. 当然, 海浜・海域への赤土流出防止の管理強化を推進していくことは不可欠ではあるが, 既に海浜や海底に沈降堆積しヘドロ化した赤土の海性生態系に与える影響の究明が今後の重要な課題となる.

### (4) 湧水・河川水の水質特性

沖縄本島と西表島での代表的な湧水, 河川水, 渓流水, 降水などの自然水の水質特性は, 四方を海に囲まれた地理的環境と特有の地質環境に支配されていることが分かった.

本島南部首里城周辺などに点在する故事来歴を有する湧水群は, 海水飛沫の影響が強い Na-Cl 型と, 琉球石灰岩層から石灰質分が多量に溶存した Ca- $\text{HCO}_3$ 型の水質タイプに大別さ

れる。また以前は貴重な生活用水源として利用されたこれらの湧水は、今は、硝酸イオンや硫酸イオン濃度が極めて高くなっていることが分かった。中には飲料水質基準を超える硝酸性窒素濃度 ( $10\text{ mg/l}$ ) が検出される湧水も確認されることから、首里城周辺などの本島南部域では生活排水等による地下水汚染が広域的に進行していることが懸念される。

一方、森林山岳が広がる本島北部ヤンバル地域で、瀑布などを形成している河川は、本島南部の湧水に比較して溶存化学分量が少ない自然水で、今も、飲料水や簡易水道源として活用されている清冽な自然水が多い。非石灰岩の国頭礫層（砂岩層起源）が堆積分布している地域を流下しており、 $\text{Ca-HCO}_3$ 型よりもむしろ海水飛沫の影響を受けた  $\text{Na-Cl}$  型と  $\text{Na-HCO}_3$  型の水質タイプを呈している場合が多い。

西表島の淡水域での河川水・渓流水の水質は本島北部ヤンバル地域の傾向と非常に類似しており、海岸沿いの渓流水は  $\text{Na-Cl}$  型、内陸部山岳域の河川水は  $\text{Na-HCO}_3$ 型が主流で、多少  $\text{Ca-HCO}_3$ 型の水質タイプを呈するものがある。これは、島の大半が砂岩層を起源とした国頭マージの単一層が分布していることによる。そのため、特に内陸部の河川水の主要溶存化学成分には、河川や地域による違いはほとんど認められない。なお河川水や渓流水の水質は供給源となっている降水の水質とほとんど同じであることから、西表島の豊かな生態系を育んでいる水環境は、水質的には降水の水質によって支配されていることが推察される。

以上、赤土流出防止のために開発した濁水評価測定装置や赤土汚染の実態等に関する成果について論述した。沖縄県での最も深刻な環境破壊問題は、赤土汚染問題である。今後の赤土流出防止対策と、海浜環境保全活動の一助として本研究成果が役立てられることを期待する。また西表島全域を含め沖縄本島北部ヤンバル地域は、世界自然遺産の推薦候補地として、現在、登録の検討がなされている地域でもある。原自然あふれる多様な生態系を育む水・土環境の実態を科学的に思考・論述する上での参考データとして、本研究成果が発揚されることを祈念する。