

平成19年度都市再生プロジェクト推進調査費

未来型観光産業に伴う  
地域再生ビジネスモデルの調査報告書

平成20年3月

国土交通省河川局

# 目 次

第1章 調査の概要	
1-1 調査の目的	1 頁
1-2 調査の内容	1
(1) 赤土汚濁水の流出対策の検討	1
(2) 環境学習調査	1
(3) 自然環境を活用した未来型観光産業のあり方の検討	1
1-3 調査の実施場所	2
第2章 赤土汚濁水濾過装置	
2-1 濾過装置の仕様	3
(1) 濾過装置の原理	3
(2) 濾過装置の特徴	4
2-2 濾過装置の運転	6
2-3 濾過装置の水質試験	
(1) 水質試験結果	7
(2) 水質試験結果の考察	9
2-4 濾過装置の運転経費	11
2-5 赤土汚濁水流出対策としての濾過装置の検討	12
第3章 環境学習調査	
3-1 環境学習の実施	14
3-2 環境学習の進め方	14
第4章 自然環境を活用した未来型観光産業のあり方の検討	
4-1 自然環境を活かした体験型観光	16
4-2 金武町沿岸の赤土流出の実態調査結果	
(1) 赤土流出実態調査の実施	17
(2) 赤土流出実態調査の結果と考察	18
4-3 金武町沿岸の赤土流出の修復	30
4-4 濾過装置から排出する濾過水と赤土汚泥の利用	32
4-5 自然環境を活かした未来型環境産業の展開	32
第5章 調査結果の総括	
(1) 赤土汚濁水の濾過	36
(2) 赤土流出と環境学習	36
(3) 自然環境を活用した未来型観光産業のあり方	36
付 属 資 料	
装置の平面図、断面図	
環境学習のテキスト	

平成19年度

## 未来型観光産業に伴う地域再生ビジネスモデルの 調査委託業務報告書

### 第1章 調査の概要

#### 1-1 調査の目的

沖縄県内では、本土復帰を契機にして道路や公園、上水道や下水道などの社会資本の整備やサトウキビ畑、パイン畑などの農地開発が急激に進められ、これに伴って河川や海域への赤土砂（以下、赤土という）の流出が発生し、河川や海域の底に赤土の微粒子が沈殿して、水質や生物環境への影響が懸念されている。

また、沖縄県の主要産業である観光産業において、エコツーリズムなどの亜熱帯性の豊かな自然環境を活かした、環境体験型の観光が増えつつある現状では、赤土の流出に伴う河川や海域の汚濁や生態系への悪影響は、豊かな自然環境を観察する上でマイナス要因となる。

本調査は、赤土流出対策の一つとして、高分子マイクロフィルターによる濾過式装置による赤土汚濁水流出の防止効果を検証し、この装置が赤土で汚濁した河川や海域底の修復を図る手段としての可能性を確かめるとともに、この装置が自然環境を活用した観光産業として地域と連携したビジネスモデルと成りうるかどうかについて検討を行い、もって地域の活性化を図ることを目的とするものである。

#### 1-2 調査の内容

##### (1) 赤土汚濁水の流出対策の検討

降雨時や河川改修、農地改修時に河川に流入する赤土汚濁水を、2章で示した濾過装置で濾過する現地試験を実施して、濾過装置に流入した汚濁河川水（汚濁水）と高分子マイクロフィルター及び中空糸膜で濾過した河川水（濾過水）について水質試験を行って、汚濁水の浮遊物質量（SS）や濁度、汚濁水が含有する肥料成分の窒素やリン、カドミウムやヒ素、鉛などの有害物質、銅や鉄などの金属成分を除去することができるかどうかを検証した。

また、町内の沿岸海域で河川からの赤土砂の流出状況について現地調査して、流出した赤土の実態と、濾過装置の設置による修復の可能性について検討した。

##### (2) 環境学習調査

地元の小学校の児童等を対象にして、赤土汚濁水の浄化方法の説明と、水質調査の体験する環境学習を行い、自然環境保全の意識の啓蒙を促して、将来の環境保全活動を担う人材の育成を図った。

##### (3) 自然環境を活用した未来型観光産業のあり方の検討

ボランティア活動で赤土の流出を防止することの可能性と、濾過した河川水の利用、濾過装置で除去された微小な粒子の赤土が有効利用できないかどうかについて、検討した。

### 1-3 調査の実施場所

金武町屋嘉地内 渡久比那川上流

#### ■ 調査の実施場所



国土地理院 1/25000 (石川) を使用

## 第 2 章 赤土汚濁水濾過装置

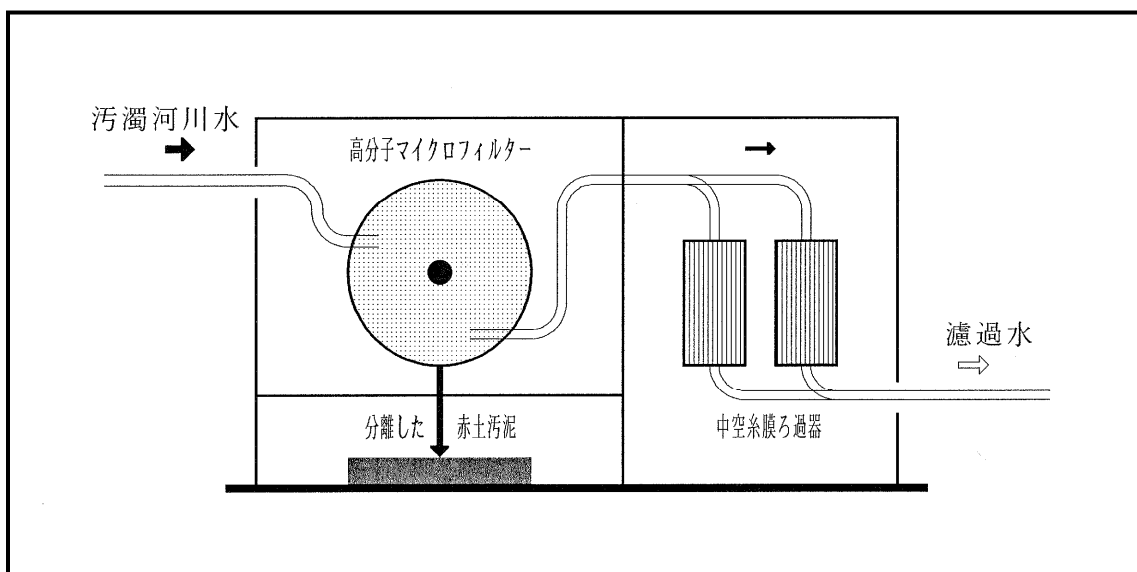
### 2-1 濾過装置の仕様

#### (1) 濾過装置の原理

本調査で、渡久比那川上流に設置した濾過装置の原理は以下の図のとおりである。

すなわち、赤土で汚濁した河川水を揚水ポンプで汲み上げ、高分子マイクロフィルターを用いて一次濾過し、濾過した水は更に中空糸膜によって二次的に濾過するシステムである。

#### ■ 濾過装置の原理図



本調査で、渡久比那川上流の河川沿いに設置した濾過装置の外観写真は、下記のとおりである。

#### ■ 濾過装置の全景



## (2) 濾過装置の特徴

本調査で、金武町屋嘉地内の渡久比那川上流河川沿いに仮設した、赤土による濁水の濾過装置は、濾過水量が1時間当たり0.5 m<sup>3</sup>の、特殊なプラスチック製の高分子マイクロフィルターと、中空糸膜の濾過器を組み合わせた、物理的な濁水処理システムである。

この濁水濾過装置は、従来の工事現場などから発生する濁水の浄化で使用されてきたような、凝集剤や濾過助剤等の化学薬品は全く使用していない。したがって、濁水処理に伴って二次的に発生する環境汚染の恐れがなく、どのような場所でも使用できる、環境に配慮した装置である。

この濁水濾過装置は、きわめてコンパクトに設計されており、多様なスペースに対応できる。また、トラックで容易に運搬することが出来るので機動性があり、降雨や工事に伴う予期せぬ濁水発生に対して、緊急な対応が可能である。

この濁水濾過装置の運転操作はきわめて容易であって、メインスイッチをON、OFFすることで誰でも運転することが可能である。なお、装置の自動運転と手動運転を選択して運転することができる。

この濁水濾過装置で、赤土による濁水を濾過する主体である、高分子マイクロフィルターと中空糸膜の特性は、以下のとおりである。

### ① 高分子マイクロフィルターの特性

高分子マイクロフィルターは、高濃度の濁水を濾過しても、フィルターが目詰まりを起こし難いのが特徴である。長時間継続して濾過する場合には、フィルター表面に付着した土壌等の微粒子を、自動洗浄ブラシで機械的に除去してやれば、フィルターの濾過能力が直ちに回復するので、フィルターの長期間使用、連続使用が可能である。

したがって、濁水の濃度がきわめて高い赤土による濁水を連続的に濾過しても、清浄な河川水と同程度の水質に濾過することができる。

### ② 中空糸膜の特性

中空糸膜は、水を濾過する能力を持った中空の化学繊維の集まりで構成されており、現在では全国各都市の上水道の浄水場で使用されている。

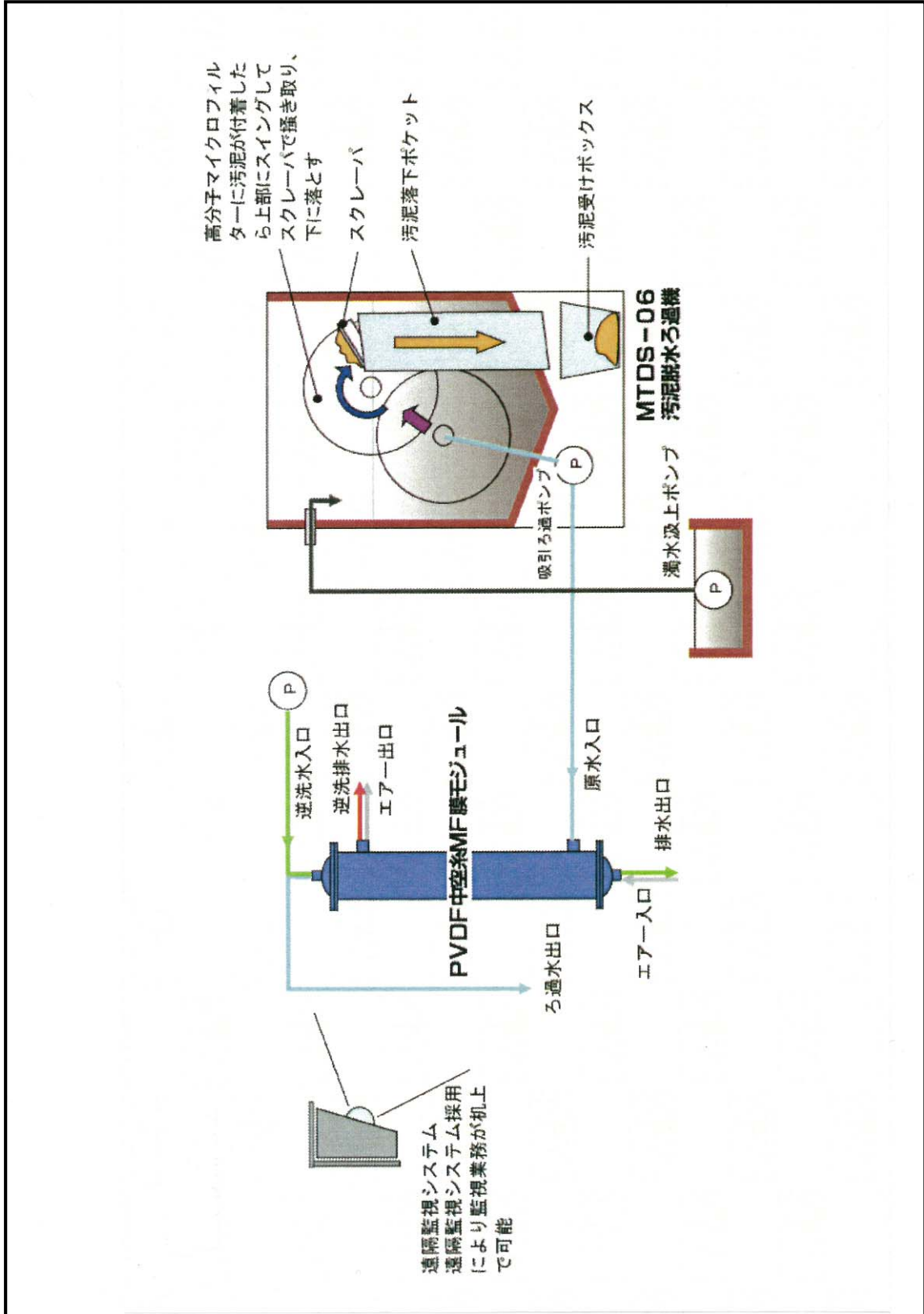
中空糸膜によって河川水等を濾過すると、従来行われてきた凝集沈殿による浄水処理よりも高度な水質の濾過水を得ることが出来る。ただし、高濃度の濁水については、中空糸膜のみでは対応することができない。

本調査で、金武町の渡久比那川上流河川沿いに設置した濁水濾過装置は、高分子マイクロフィルターと中空糸膜を併用することで、赤土で高濃度に濁った河川水を、水道水の原水レベルまでに浄化しようとして設計したものである。

なお、本調査で設置した濁水濾過装置では、高分子マイクロフィルターのみで濾過した水と、高分子マイクロフィルターと中空糸膜を併用して濾過した水を、河川に放流することが出来るようになっている。

本調査で、金武町屋嘉地内の渡久比那川上流河川沿いに設置した、赤土による汚濁水濾過装置のフロー図は、以下のとおりである。

■ 濾過装置のフロー図



## 2-2 濾過装置の運転

本調査では、2月18日～19日に金武町屋嘉地内の渡久比那川上流河川沿いに濾過装置を設置した、赤土による汚濁水濾過装置は、下記に示した期日及び時間に、水質試験及び環境学習を行い、関係者が視察した。なお、濾過装置は、4月12日に撤収した。

### ■ 濾過装置の視察等の状況

運転期日	運転時間	運転の目的・見学者等
2月18日 19日		装置の運搬、設置及び試験運転 試運転及び調整
20日	11:00～15:00	機器の調整及び水質試験
	13:00～14:00	金武町副町長、産業振興課2名が視察 広報課1名が視察
	14:00～15:00	佐久本工機(株)4名が機器の運転を研修 わだち工業(株)3名が機器の運転を研修
29日	14:15～15:00	水質試験及び嘉芸小学校5年生26名の環境学習
3月14日	14:00～15:00	(株)国場組土木積算課3名が視察
18日	14:00～15:00	土木コンサルタント会社3名が視察
26日	13:00～14:00	機器の調整、赤土採取
28日	13:00～15:00	機器の調整
4月12日		装置の撤収

### ■ 渡久比那川上流の水路工事に伴う赤土の流出





## 2-3 濾過装置の水質試験

### (1) 水質試験結果

#### ① 2月20日採取

午前 (No.1-1) と午後 (No.1-2)、赤土で汚濁した河川水 (汚濁水) と濾過装置で濾過した後の水 (濾過水) について水質試験を行った結果は、以下のとおりである。なお、No.1-1 とNo.1-2 は、高分子マイクロフィルターと中空糸膜を併用した濾過で採取した試料である。

#### ■ 赤土汚濁水濾過装置水質試験結果 (試料採取：平成 20 年 2 月 20 日)

試験項目	試料			
	No.1-1		No.1-2	
	汚濁水	濾過水	汚濁水	濾過水
水素イオン濃度 (pH)	7.8	7.8	7.8	7.8
濁度	85.2	1.0	70.5	0.8
浮遊物質 (SS) mg/l	560	<1	450	<1
化学的酸素消費量 (COD) "	13	3.0	12	4.0
総窒素 (T-N) "	2.4	2.2	2.6	2.3
総りん (T-P) "	0.19	0.035	0.20	0.038
大腸菌群数 個/ml	-	-	20	0

注) <は定量下限値未満 [公定法で分析した時の定量上の限界値] を示す

試験項目のうち、pHはTOADKK/HM-20P型pH計、濁度はKRK/TR-55型濁度計によって、現地で測定した。その他の項目は、濃度に係る計量証明事業者 (山口県第39号)である (学)香川学園宇部環境技術センターに委託して、下記の方法で測定・分析した。

pH、SS、COD、T-N、T-Pの測定及び分析は、JIS K0102 に基づいて行った。大腸菌群数の測定は、昭和49年9月30日環境庁告示64号「排水基準を定める省令の規定に基づく環境大臣が定める排水基準に係る検定方法」に基づいて行った。

#### ② 2月29日採取

午後、汚濁水と濾過水について水質試験を行った結果は、次頁のとおりである。なお、No.2-1は高分子マイクロフィルターのみでの濾過、No.2-2は高分子マイクロフィルターと中空糸膜を併用した濾過で採取した試料である。

水質試験項目のうち、pHはTOADKK/HM-20P型pH計、濁度はKRK/TR-55型濁度計によって、現地で測定した。その他の項目は、(学)香川学園宇部環境技術センターに委託して、下記の方法で測定・分析した。

pH、SS、COD、T-N、T-P、カドミウム、ヒ素、鉛、クロム、銅、亜鉛、鉄及びマンガン等の測定及び分析は、JIS K0102 (排水試験法) に基づいて行った。大腸菌群数については、昭和49年9月30日環境庁告示64号に基づいて行った。

■ 赤土汚濁水濾過装置水質試験結果（試料採取：平成 20 年 2 月 29 日）

試験項目	試料		
	汚濁水	濾過水	
	No.1	No.2-1	No.2-2
水素イオン濃度 (pH)	6.2	6.5	6.5
濁度	70.4	1.0	0.5
浮遊物質 (SS) mg/ℓ	250	3	<1
化学的酸素消費量 (COD) "	8.8	4.9	4.2
総窒素 (T-N) "	2.3	1.9	1.9
総りん (T-P) "	0.34	0.14	0.091
大腸菌群数 個/ml	1	1	0
ヒ素 mg/ℓ	0.005	0.001	0.001
鉛 "	<0.005	<0.005	<0.005
クロム "	<0.05	<0.05	<0.05
銅 "	0.010	0.011	0.005
亜鉛 "	0.22	0.048	0.009
鉄 "	5.6	0.51	<0.03
マンガン "	0.18	0.020	0.013

注) No.2-1：高分子マイクロフィルターのみによる濾過

No.2-2：高分子マイクロフィルター及び中空糸膜による濾過

<：定量下限値未満〔公定法で分析した時の定量上の限界値〕を示す

■ 赤土による濁水と濾過水



## (2) 水質試験結果の考察

### ① 2月20日採取

午前(No.1-1)及び午後(No.1-2)の2回に採取した、汚濁水と濾過水の水質試験結果から、以下のことが考えられる。

水の酸性又はアルカリ性の程度を示すpH値は、汚濁水と濾過水がともに7.8であった。

水に含まれる肥料成分の一つであるT-Nの濃度は、汚濁水が2.4及び2.6mg/ℓ、濾過水が2.2及び2.3mg/ℓであって、濾過水が僅かに減少していた。すなわち、この濾過装置で汚濁水を濾過しても、濾過水のpHの値に変化は起こらず、水中に含まれるT-Nの濃度には増減が殆どみとめられないことが確認できた。

赤土の流出による河川水の濁りの指標と考えられる濁度は、汚濁水が85.2及び70.5度で、濾過水が1.0及び0.8度であった。汚濁水に比べて濾過水の濁度はきわめて低かった。

SSについては、汚濁水が560及び450mg/ℓであったが、濾過水は定量下限値未満(1mg/ℓ以下)にまで減少していた。すなわち、濾過水では汚濁の原因である赤土の微粒子が完全に除去されたと判断された。

また、河川水の有機性汚濁指標とされるCODは、汚濁水が13及び12mg/ℓであったものが、濾過水では3.0及び4.0mg/ℓに減少し、肥料成分の一つであるT-Pは汚濁水が0.19及び0.20mg/ℓであったものが濾過水では0.035及び0.038mg/ℓに減少していた。すなわち、濾過水では赤土の微粒子が完全に除去されることで、赤土粒子に吸着されている有機物やリン酸化合物が完全に除去されたと判断された。

午後に採取した試料(No.1-2)について実施した大腸菌群(大腸菌と類縁の細菌を併せた細菌学的なグループ)数の試験結果では、濾過水には大腸菌群の細菌は検出されなかった。すなわち、生活排水や畜産排水から排出される大腸菌群の細菌は、この濾過装置で完全に除去されたと判断された。

### ② 2月29日採取

#### 1) 高分子マイクロフィルターのみでの濾過

汚濁水を、高分子マイクロフィルターのみで濾過した濾過水(No.2-1)の水質試験結果から、以下のことが考えられる。

pH及びT-Nの値は、前回(2月20日)の調査結果(高分子マイクロフィルターと中空糸膜での濾過)と同様に汚濁水と濾過水の値が殆ど同じであった。

濁度は、汚濁水の70.4度が、濾過水では1.0度に顕著に減少しており、SSについても汚濁水の250mg/ℓが、濾過水では1mg/ℓにまで減少している。すなわち、高分子マイクロフィルターのみで濾過しても、濁水の原因となっている赤土の微粒子が完全に除去されたと判断された。

CODは汚濁水の8.8mg/ℓが、濾過水では4.9mg/ℓ、T-Pは汚濁水の0.34mg/ℓが濾過水では0.14mg/ℓへ減少している。すなわち、高分子マイクロフィルターのみでの濾過でも、赤土の微粒子が完全に除去されることで、赤土の微粒子に吸着されている有機物やリン酸化合物が除去されると考えられる。

大腸菌群数の試験結果では、濾過水にも汚濁した河川水と同じ程度の大腸菌群の細菌が検出された。すなわち、汚濁水に含まれる大腸菌群細菌は、高分子マイクロフィルターのみの濾過では除去されないと判断される。

汚濁水中の有害物質であるヒ素の含有量は、高分子マイクロフィルターの濾過で 0.005 mg/ℓ から 0.001 mg/ℓ に減少したが、鉛、クロム、銅の含有量は汚濁水の含有量より減少せず、亜鉛の含有量は 0.22 mg/ℓ から 0.048 mg/ℓ へ、鉄の含有量は 5.6 mg/ℓ から 0.51 mg/ℓ へ、マンガンの含有量は 0.18 mg/ℓ から 0.02 mg/ℓ へ減少した。すなわち、高分子マイクロフィルターの濾過でヒ素、亜鉛、鉄、マンガンの含有量は減少したが、鉛とクロム及び銅の含有量は減少しないことが判った。

## 2) 高分子マイクロフィルターと中空糸膜での濾過

汚濁水を、高分子マイクロフィルターと中空糸膜と併せて濾過した濾過水 (No.2-1) の水質試験結果から、以下のことが考えられる。

前項①の水質試験結果と同様に、pHの値とT-Nの濃度については、汚濁水と濾過水の値が殆ど変わらなかった。

濁度は、汚濁水の70.4度が、濾過水では0.5度に減少しており、SSも汚濁水が250 mg/ℓで、濾過水が定量下限値未満(1 mg/ℓ以下)にまで減少している。すなわち、濾過水では汚濁の原因である赤土の微粒子が完全に除去されていると判断された。

CODは、汚濁水が8.8 mg/ℓで濾過水が4.2 mg/ℓ、T-Pは汚濁水が0.34 mg/ℓで、濾過水が0.091 mg/ℓへ減少している。すなわち、濾過水では、懸濁した赤土の微粒子が完全に除去されることで、赤土の微粒子に吸着されている有機物やリン酸化合物が除去されたと考えられる。

大腸菌群数の試験結果では、汚濁水には僅かに大腸菌群(大腸菌と類縁の細菌)の細菌が存在したが、濾過水には検出されなかった。すなわち、汚濁水に含まれる大腸菌群細菌は、この濾過装置で完全に除去されたと判断される。

汚濁水中の有害物質であるヒ素の含有量は、高分子マイクロフィルターと中空糸膜を併用した濾過によって0.005 mg/ℓから0.001 mg/ℓに減少したが、鉛とクロムの含有量は汚濁水の含有量より減少せず、銅の含有量は0.010 mg/ℓから0.005 mg/ℓへ、亜鉛の含有量は0.22 mg/ℓから0.009 mg/ℓへ、鉄の含有量は5.6 mg/ℓから0.03 mg/ℓ未満へ、マンガンの含有量は0.18 mg/ℓから0.013 mg/ℓへ、いずれも大きく減少した。すなわち、高分子マイクロフィルターと中空糸膜を併用した濾過で、汚濁水中に含まれていたヒ素、銅、亜鉛、鉄及びマンガンの含有量は大きく減少したが、鉛とクロムの含有量は全く減少しないことが判った。

高分子マイクロフィルターのみの濾過に比べて、高分子マイクロフィルターと中空糸膜を併用した濾過では、濁度、SS、COD、T-N、大腸菌群の値が低くなっており、ヒ素、銅、亜鉛、鉄及びマンガンの含有量も清浄な河川水の含有量と同程度になっている。すなわち、高分子マイクロフィルターと中空糸膜を併用した濾過では、赤土に含まれていたと考えられる成分は、濾過によって完全に除去されたと考えられる。

## 2-4 濾過装置の運転経費

本調査で、使用した高分子マイクロフィルター及び中空糸膜による濾過装置の、処理能力とイニシャルコスト及びリース料、ランニングコストは以下のとおりである。

なお、この濾過装置は、機器の保守点検が生じるために、原則としてリース制度によって利用される。

### ■ イニシャルコスト

時間当たり処理能力	高分子マイクロフィルター 濾過装置	中空糸膜を併用した 濾過装置
5 ～ 10m <sup>3</sup>	14,000,000円	21,500,000円
10 ～ 20	21,500,000	34,500,000
20 ～ 40	31,000,000	56,000,000

### ■ 1日当たりのリース料

時間当たり処理能力	高分子マイクロフィルター 濾過装置	中空糸膜を併用した 濾過装置
5 ～ 10m <sup>3</sup>	25,000円	39,000円
10 ～ 20	42,000	68,000
20 ～ 40	62,000	112,000

### ■ 1月当たりのリース料

時間当たり処理能力	高分子マイクロフィルター 濾過装置	中空糸膜を併用した 濾過装置
5 ～ 10m <sup>3</sup>	630,000円	970,000円
10 ～ 20	1,050,000	1,700,000
20 ～ 40	1,550,000	2,800,000

### ■ 1月当たりのランニングコスト

時間当たり処理能力	高分子マイクロフィルター 濾過装置	中空糸膜を併用した 濾過装置
5 ～ 10m <sup>3</sup>	650,000円	650,000円
10 ～ 20	650,000	650,000
20 ～ 40	650,000	650,000

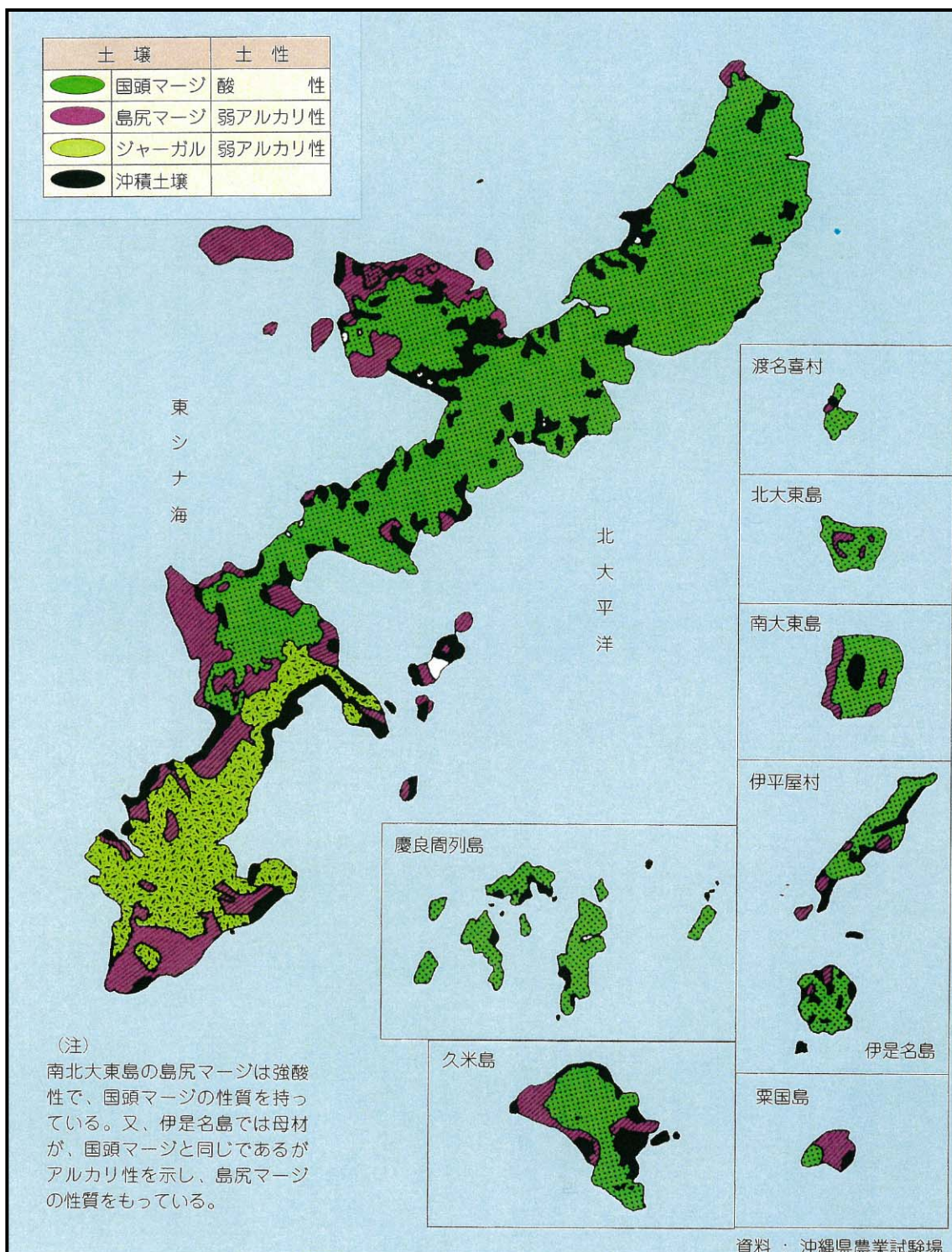
注) ランニングコストには、運転管理員の人件費、消耗品代等を含む。電気代は別途。

## 2-5 赤土汚濁水流出対策としての濾過装置の検討

沖縄県農業試験場の試料によれば、県内各島では、土壌の50%以上が「国頭マーヅ」と呼ばれる赤土で構成されている。この赤土の特徴は、酸性で粘着力が弱く、水に分散され易いので、降雨時には赤土の微粒子を分散した濁水が河川から海域へ流出する。

### ■ 沖縄本島及び周辺の離島の土壌分布図

－沖縄県文化環境部環境保全室編集：考えよう赤土等流出について(2001)－から引用



前頁の図に見られるように、沖縄本島に広く分布する赤土（国頭マージ）の土壌特性からみて、沖縄本島や離島各地で発生する降雨時の赤土の微粒子の流出を防止するためには、雨水中に分散している赤土の微粒子を、何らかの方法で除去した後に河川に放流することが、河川を通じて河口域や海域へ流出する赤土微粒子の防止対策の一つと考えられる。

わが国では、古くから濁った河川水中の懸濁物質（浮遊物質・SS）を除去するには、硫酸アルミニウム（硫酸バンド）や硫酸鉄等を凝集剤として使用する、いわゆる凝集沈殿法が採用されてきた。

近年では、硫酸アルミニウムに代えて、微量でより凝集効果があり、使用が容易なポリ塩化アルミニウムが凝集剤として一般的に使用されるようになってきた。また、凝集効果を高めるために各種の有機凝集助剤（高分子凝集剤等）も開発されてきた。

濁水の凝集沈殿では、これらの凝集剤や凝集助剤は、いずれも微量ながら未反応の化学物質が環境中に放流されるという懸念がある。また、凝集反応槽と沈殿槽の施設が大型で恒久的な施設となるので、沖縄県内の中小河川等の赤土による濁水の除去には必ずしも適当ではない。

本調査で、金武町屋嘉地内の渡久比那川上流河川沿いに設置した赤土による濁水の濾過装置は、前項2-1で詳しく述べたように、濁水濾過の主体は高分子マイクロフィルターによる濾過であって、凝集剤や凝集助剤を使用しない、きわめてコンパクトで、移動や運転が容易な、環境にやさしい濁水濾過装置である。

また、前項2-3に示したように、この濾過装置で赤土による濁水を濾過した濾過水の水は、赤土で汚濁した河川水に対して、濁水の原因であるSSが完全に除去され、濁度がきわめて低い、透明な水になった。

すなわち、赤土で汚濁した河川水を高分子マイクロフィルターで10分程度濾過すれば、河川水中に分散していた赤土の微粒子が完全に除去され、濁度がきわめて低い透明な水となって河川に放流される。

さらに、高分子マイクロフィルターと中空糸膜を併用した濾過では、赤土で汚濁した河川水が、大腸菌群等の細菌も除去された、水道原水の河川水レベルの水質にまで浄化されることも判った。

このように、赤土の微粒子によって濁った河川水も、従来の凝集剤や凝集助剤を使った凝集沈殿法によらずに、高分子マイクロフィルター又は高分子マイクロフィルターと中空糸膜を併用した濾過によって、河川水中に分散していた赤土の微粒子を完全に除去することが出来ることが判った。

なお、赤土の微粒子を除いた透明な河川水については、凝集剤等の化学薬品を使用していないので、農作物や園芸作物などに散布することも可能であるから、濾過水の有効利用が図られる。

以上のことから、沖縄県内、主として沖縄本島各地で発生する赤土による汚濁水の流出対策の一つの手段として、降雨時に高濃度の赤土汚濁水が発生する河川に、本調査で試験的に設置した高分子マイクロフィルターによる濾過装置を設置すれば、透明な本来の河川水を維持することができると判断される。

## 第3章 環境学習調査

### 3-1 環境学習の実施

平成20年2月29日の14時15分から15時までの間に、赤土汚濁水濾過装置の設置場所前で、金武町立嘉芸小学校5年生の児童23名（引率教員・高松隆二教諭他2名）に対して、濾過装置と水質試験の意義について説明した。

その後、簡易水質試験紙のパックテストを用いて、COD（水中の有機物濃度の指標）とアンモニウム態窒素（水中の有機物が分解して生成する窒素成分）について、各児童に直接水質試験を体験させた。参加した児童から装置の価格などについて質問があった。

#### ■ 現地での環境学習



環境学習の指導は、環境省環境カウンセラーである脇坂宣尚（元宇部短期大学環境衛生学科教授・汚濁水フィルター処理研究会顧問）、森江堯子（元宇部短期大学環境衛生学科教授・前(学)香川学園宇部環境技術センター副所長）、伊波盛武（㈱沖縄総研代表取締役）の3名が担当した。

### 3-2 環境学習の進め方

環境汚染と自然環境の保全については、地域の次世代を担う児童・生徒への啓発と体験が最も重要である。特に、沖縄県下の河川や沿岸海域の水質保全と、日本で貴重な亜熱帯陸域の自然環境、珊瑚礁海域の保全はきわめて急務の課題である。

沖縄県内では、降雨時や陸域の様々な開発や修復工事に当たって、陸域から河川を通じ、或いは直接に赤土が流出して沿岸海域に沈殿している。

こうした実態を児童・生徒に認識させると共に、濾過装置等を用いて陸域から赤土汚濁水を河川や海域に流出させない方法や技術があることを学ばせることは、環境学習の一環としてきわめて有意義であろうと考えられる。



金武町は、米軍基地の跡地利用推進事業の一つとして、億首川河口右岸の31,128㎡に、県内外の小・中学校の児童・生徒や高校生や一般観光客を対象とした自然体験学習の拠点施設として、「ネイチャーみらい館」を建設中であり、付属するキャンプ場とともに、平成20年6月には開館の予定である。

億首川の河口には、県内有数のマングローブ林があり、多種類の野鳥や、オキナワハクセンシオマネキなどの沖縄県固有の甲殻類などを観察することが出来る、亜熱帯の自然環境を学び、カヌーや沖縄県の伝統文化であるエイサー、沖縄舞踊や三線、陶芸や紅型、郷土料理などを学ぶには絶好の場所である。

#### ■ ネイチャーみらい館完成予想図



金武町公式webサイトから引用

しかしながら、新たに開館する「ネイチャーみらい館」の左側に位置する億首川河口一帯は、次項の4-2で詳しく述べるように、降雨時に上・中流の農地や河口周辺の米軍施設などから赤土が多く流出する河川であり、河口付近が赤く濁ることがある。干潮時には、砂地に赤土の微粒子が混在しているのを見ることが出来る。

「ネイチャーみらい館」の体験学習施設の一部に、沖縄県の赤土流出の現況と、赤土流出防止対策等についてのコーナーを設けて、赤土による河川の汚濁を防止することを学び、その対策を体験することが出来れば、「ネイチャーみらい館」は、体験学習の一環としての環境教育の面でもきわめて有意義であろう。

すなわち、本調査で渡久比那川河岸に設置した、高分子マイクロフィルターのような、赤土による濁水の濾過装置を「ネイチャーみらい館」の施設内に設置して、億首川の濁水を汲み上げて、児童・生徒に赤土による濁水濾過装置の運転や、水質試験を体験させることが出来れば、沖縄県の降雨による赤土の流出と環境保全を理解するための環境学習が、より効果的になるであろう。

## 第4章 自然環境を活用した未来型観光産業のあり方の検討

### 4-1 自然環境を活かした体験型観光

金武町は、水と緑に恵まれた自然豊かな町である。町内の豊富な湧水を通じて、町の産業が発達し、町民のコミュニケーションが高まったと言われ、1日の湧水量が1,000トンを超えるという金武大川（ウッカカガ）もある。

また、町域の北側山地には、昭和34年から36年にかけて米軍によって建設され、昭和34年に琉球政府に移管され、本土復帰に伴って昭和47年2月に沖縄県へ移管された、金武町民の治水、水道及び灌漑水源となっている金武ダム（昭和36年竣工）、喜瀬武原ダム（平成3年竣工）及び、屋嘉ダム（昭和57年竣工）がある。

沖縄自動車道の名護方面へ向かう左側に見られる金武ダムは、国の再開発事業で平成23年度を目標として億首ダムとして改造される予定で、観光・レクリエーション施設などの周辺環境整備とともに建設工事が進められている。

上流に金武ダム（億首ダム）がある億首川の河口右岸には、平成20年6月に「ネイチャーみらい館」が開館されることになっており、キャンプ場、ふるさと体験交流棟、体験実習棟などの施設が建設中である。

億首川の下流域は、川幅も広く、オヒルギ、メヒルギ、ヤエヤマヒルギ、ヒルギモドキの4種類のマングローブが群生し、干潟ではオキナワハクセンシオマネキ、ミナミコメツキガニ、タイワンガザミ、ヒルギバシリイワガニ、オキナワアナジャコなどの甲殻類や多くの貝類を観察することができる。また、この一帯には水稲や田芋が栽培されているので、サギ類やシギ類、クイナ類、ハタオリドリ類の各種野鳥が生息、飛来するので、野鳥観察に適した場所でもあり、近くに漁港があるので、船釣り、サバニ漁などの自然体験学習のスポットとしても注目されている。

一方、海岸部では、伊芸地区に金武湾港海岸保全区域として沖縄県が海浜公園を整備中であって、夏場は海水浴場として期待されている。また、屋嘉地区の海岸も高潮対策で整備された安全で美しい海岸線である。

このような、金武町の豊かな自然環境は、今後の沖縄県に期待されるエコツーリズムや、自然環境体験学習の場として貴重な存在である。これらの自然環境を守って、後世に残すためには、現在、降雨時などに陸域から河川や海域へ流出する赤土を、何としてでも防がなければならない。

本調査で、降雨時に裸地や農地から流出した赤土によって汚濁した河川水の流出を防ぐための手段の一つとして、高分子マイクロフィルターによる濁水濾過装置が、きわめて有効な手段であることが確認された。

すなわち、降雨時に陸域から河川を通じて河口域や海域へ流出する赤土微粒子を陸側で取り除いて、赤土微粒子で被覆されない河口や海域を守ることが、沖縄県の自然環境を活かした観光産業に繋がることを忘れてはならない。

なお、金武町では、町の東端沿岸にある米軍ギンバル訓練場が返還された後には、跡地を金武町ふるさとづくり整備事業として、マリンセンターや人工ビーチ、長期滞在宿泊施設などのある「田園と海と川を活かしたウェルネスの里」を計画している。

## 4-2 金武町沿岸の赤土流出実態調査

### (1) 赤土流出実態調査の実施

沖縄本島では、内陸部の農地や裸地に広く分布している沖縄県独特の赤土である国頭マーヅが、降雨時又は農地や河川、道路の改修工事の際に、赤土の微粒子で濁水となって河川から沿岸海域へ流出することがある。

本調査を実施した金武町の沿岸海域でも、大小の河川を通じて流出した赤土の微粒子が河口底や沿岸の海底に沈殿して、貴重な珊瑚礁海域を汚染し、そこに生育する動・植物に影響を及ぼしていることが問題になっているが、汚染の実態について詳しく調査した資料が見当たらない。

本調査では、金武町内の河川及び河口から沖合へかけての赤土流出の修復方法についても検討することになっているので、町内主要河川の河口域及び沖合海域における赤土流出の実態を把握するための現地調査を実施した。

しかしながら、本調査は調査期間が短いので、金武町の全河川の河口及び沿岸域全体を詳細に調査することは不可能である。したがって、金武町内の内陸部から金武湾に注ぐ河川のうちで、降雨時に赤土による濁水の流出が著しいと言われている億首川、石川川及び渡久比那川の3河川について、河口域から沿岸海域へかけての赤土の流出状況を調査することにした。

調査した3河川の位置は下図に示したとおりで、各河川とも金武町の内陸部から金武湾に注いでいる。

#### ■ 赤土流出実態調査の実施場所



## (2) 赤土流出実態調査の結果と考察

調査は、河口から沖合方向に向かって、徒歩及び潜水で海底の状況を観察及び記録し、主要地点で写真を撮影した。

調査した億首川、石川川及び渡久比那川の、河口域及び河口から沖合にかけての赤土の流出状況は、以下のとおりであった。

### ■ 河口域及び沿岸海域の赤土の流出状況

河川名	区分	赤土の堆積状況
億首川	河口域	下流から河口にかけて赤土の流出が顕著に見られ川底の砂に赤土の微粒子が多く見られる。
	河口から ～100m	干潮時に干出する砂地に僅かに赤土の微粒子が見られる。
	〃 100～200m	干潮時に干出する砂地に、赤土微粒子が多く見られ、砂が赤褐色である。砂地の表面を掘削すると濁りが発生する。
	〃 200mより沖	海底の砂には、特に赤土微粒子が堆積していると思われる変化は見られない。
石川川	河口域	上流側の川底の砂には、赤土微粒子を含んでいるが、河口では赤土微粒子は見られない。
	河口から ～50m	干潮時に干出する砂地には、僅かに赤土微粒子が認められる。
渡久比那川	河口域	一帯の砂が、赤土微粒子を多く含んでおり、砂地の表面を掘削すると濁りが発生する。
	河口から ～100m 0～50m	干潮時に干出する砂地に赤土の微粒子が多く見られ、風波で海水が赤く濁っている（濁った海水の濁度：45～50度）。 流れ藻に、赤土微粒子が多く付着している。
	〃 50～100m	海底の砂には、特に赤土微粒子が堆積していると思われる変化は見られない。

各河川についての特筆すべき自然環境と、河口域から沖合にかけての赤土流出の実態調査結果は、以下のとおりである。

#### 1) 億首川

金武町の東端に近い億首川は、隣接する恩納村境の喜瀬武原の山地に流れを発し、南下して金武町内の喜瀬武原を経て金武ダムに至り、金武ダムから東南方向に流下して金武湾に注ぐ、河川延長約8kmの河川で、金武ダム下流から河口までの1.5kmは感潮区間である。

なお、金武ダムは、沖縄東部河川総合開発事業によって、億首ダムとして再開発の建設工事中であって、平成23年度に完成する予定である。

億首川の下流（河口から約 200～300m上流側）には、オヒルギ、メヒルギ、ヤエヤマヒルギ、ヒルギモドキの 4 種類のマングローブ林がある。また、マングローブ周辺にはエビ類やカニ類、貝類が多数生息しており、これらの潮間帯生物を餌とするサギ類、シギ類、クイナ類、ハタオリドリ類の各種野鳥が多く生息、或いは飛来する。

また、下流から河口にかけての緩やかな流れで、カヌーを楽しむ人達が多く見られる。

#### ■ 億首川中流のマングローブ林



億首川の河口は、川幅が約 120m で、調査した 3 河川では最も川幅が広い。河口域では、干潮時に広い範囲で砂地が露出する。河口域の砂には、赤土の微粒子が多く含まれており、砂地の表面を掘削すると赤土微粒子の濁りが発生する。

#### ■ 億首川河口（干潮時）



干潮時に、河口から沖合へ約 150mの間では、干出する砂地が赤土の微粒子を多く含んでおり、遠目には赤濁したように見えるが、濁っているのではなく、川底の砂が赤いためである。

なお、河口右岸の整備された護岸周辺には、赤色の砂が多く打ち寄せており、左岸の水際の砂浜も赤くなっている。

#### ■ 億首川河口域の砂地



#### ■ 億首川河口護岸に打ち上げられた砂



干潮時に、河口を起点（防波ブロックの起点）として潜水調査を行った結果では、起点から 50m沖合（水深 1.3m）、75m（水深 0.4m）、90m～300m（干出）までは赤茶色の砂質であって、かき混ぜると微赤色の濁りが発生した。起点から 530m沖合（水深 0.7m）では、薄いピンク色に変わっており、海底をかき混ぜても赤土微粒子の発生は見られなかった。



■  
億首川河口の起点から  
50m沖合の海底  
水深1.3mの砂地



■  
億首川河口の起点から  
50m沖合の海底  
水深1.3mの砂地  
砂地をかき混ぜると薄い  
赤色の濁りが拡がる。



■  
億首川河口の起点から  
90m沖合の海底  
ほぼ干出した砂地



■  
億首川河口の起点から  
200m沖合の海底  
干出した砂地



■  
億首川河口の起点から  
300m沖合  
沖合から起点方向を  
望む干出した砂地



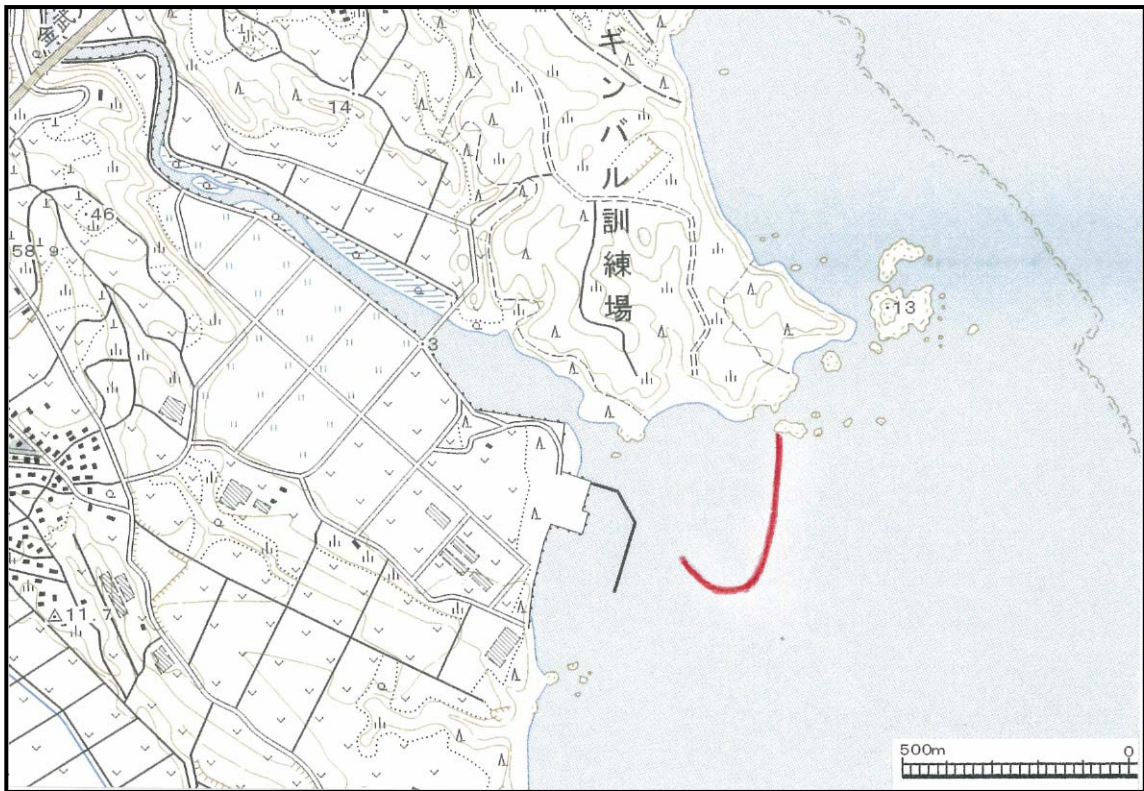
■  
億首川河口の起点から  
465m沖合の海底  
水深0.3m  
死んだサンゴや海藻に  
赤土の微粒子が付着し  
ている。





■ 億首川河口の起点から  
 530m沖合の海底  
 水深0.7m  
 アマモ類が生育しており  
 赤土の微粒子の影響  
 は殆どみられない。

■ 億首川の河口から沖合にかけて赤土微粒子が影響していると見られる範囲



## 2) 石川川

金武町内の沖縄自動車道・金武インターチェンジの東側から、自動車道の高架下を南下して金武湾に注ぐ、河川延長約1.5kmの小河川である。上流域は、米軍のキャンプハンセン軍用地で、河口は国道329号線の下を潜って、金武湾沿岸の礁湖に広がっている。

中流から下流にかけては、河川幅が狭く、下流部の国道沿いには商店や出店等があって、その北側を流れて金武湾に注いでいる。

河口部は遠浅であって、河口周辺は礫と砂地である。海域へ注ぐ河川幅が狭いので、河川の流速が比較的早く、河口域では赤土の微粒子の堆積は顕著には見られない。

河口から沖合にかけての50m～100mの範囲は、礫と岩が多くて砂地が少ないので、顕著な赤土微粒子の堆積は認められない。

#### ■ 石川川中流



#### ■ 石川川河口



### 3) 渡久比那川

金武町内の沖縄自動車道伊芸サービスエリアの西側丘陵から、自動車道の高架下を流れて金武湾に注ぐ、河川延長約 1.5 kmの丘陵地から平地にかけて緩やかに流れる、川幅の狭い河川である。上流側はキャンプハンセン軍用地であるが、中流には蔬菜や水稻の農地が多い。

渡久比那川の下流は、国道 329 号線の下を潜って、屋嘉漁港施設の防波堤の北側でやや広い河口域となって金武湾に注いでおり、河口は砂地に岩と礫が点在している。

なお、本調査で濁水濾過装置を設置したのは、この河川の河口から約 200m 上流である。

#### ■ 渡久比那川下流



渡久比那川河口は、礫と砂地であるが、砂は赤土微粒子を含んで、やや赤褐色である。河口の岩には、緑藻類や褐藻類の海藻が多く付着しており、流下した河川水はかなり富栄養の水質と推定される。

#### ■ 渡久比那川河口



渡久比那川の河口では、赤土が流出した痕跡は顕著には認められなかった。水路の幅が狭くて、平常時でもかなりの流速がある。

しかしながら、河口から 50～100m 沖合では、干潮時に干出する砂地が赤土の微粒子を多く含んでおり、波浪によって水際が濁度 45～50 程度に顕著な濁りを発生する。

また、河口から 50～100m 沖合で、干潮時に打ち寄せられた流れ藻（褐藻類のカゴメノリ属やアミジグサ属）の葉体に赤土微粒子が大量に付着している。

調査した 3 河川の中では、渡久比那川の河口域から沖合が赤土流出の痕跡が最も顕著であった。

#### ■ 風波で濁りを発生する砂地（河口から沖合へ約 50m）



#### ■ 渡久比那川河口の流れ藻



干潮時に、河口の防波ブロックの角を起点として踏査、潜水で調査した結果では、起点から沖合 53m（水深 0.7m）、76m（水深 0.8m）、83m（水深 0.9m）までの海底では、砂地に古いサンゴ片が混じり、各種の藻類が生育しているが、かき混ぜると赤土微粒子の濁りを発生する。



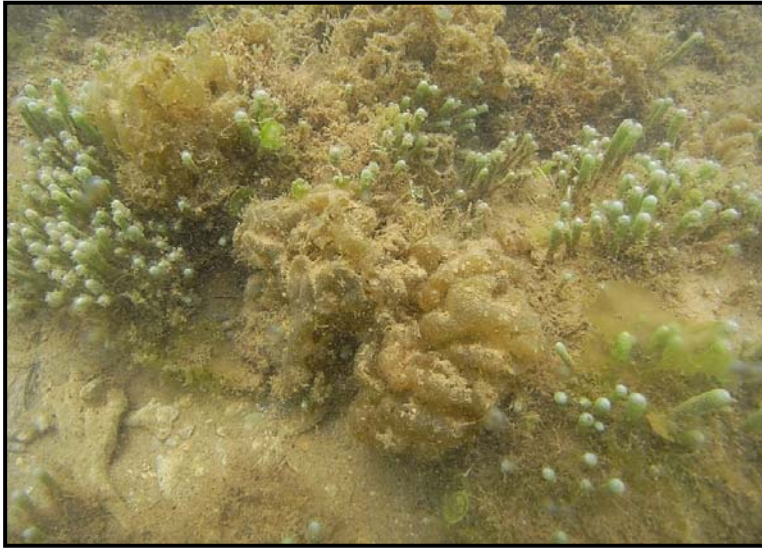
■  
渡久比那川河口の起点から  
50m沖合の海底



■  
渡久比那川河口の起点から  
50m沖合の海底  
砂地をかき混ぜると黄色  
の濁りが広がる。



■  
渡久比那川河口の起点から  
50m沖合の海底  
イソスギナの群落が見ら  
れるが、砂地に赤土流出  
の痕跡がある。



■ 渡久比那川河口の起点から  
50m沖合の海底  
フクロノリに赤土微粒子  
が被さっている。



■ 渡久比那川河口の起点から  
76m沖合の海底  
各種の藻類が生育してい  
るが砂地には赤土微粒子  
が認められる。



■ 渡久比那川河口の起点から  
76m沖合の海底  
砂地をかき混ぜると黄色  
の濁りが発生する。



■  
渡久比那川河口の起点から  
83m沖合の海底  
ウズユイウチワに赤土の  
微粒子が堆積している。

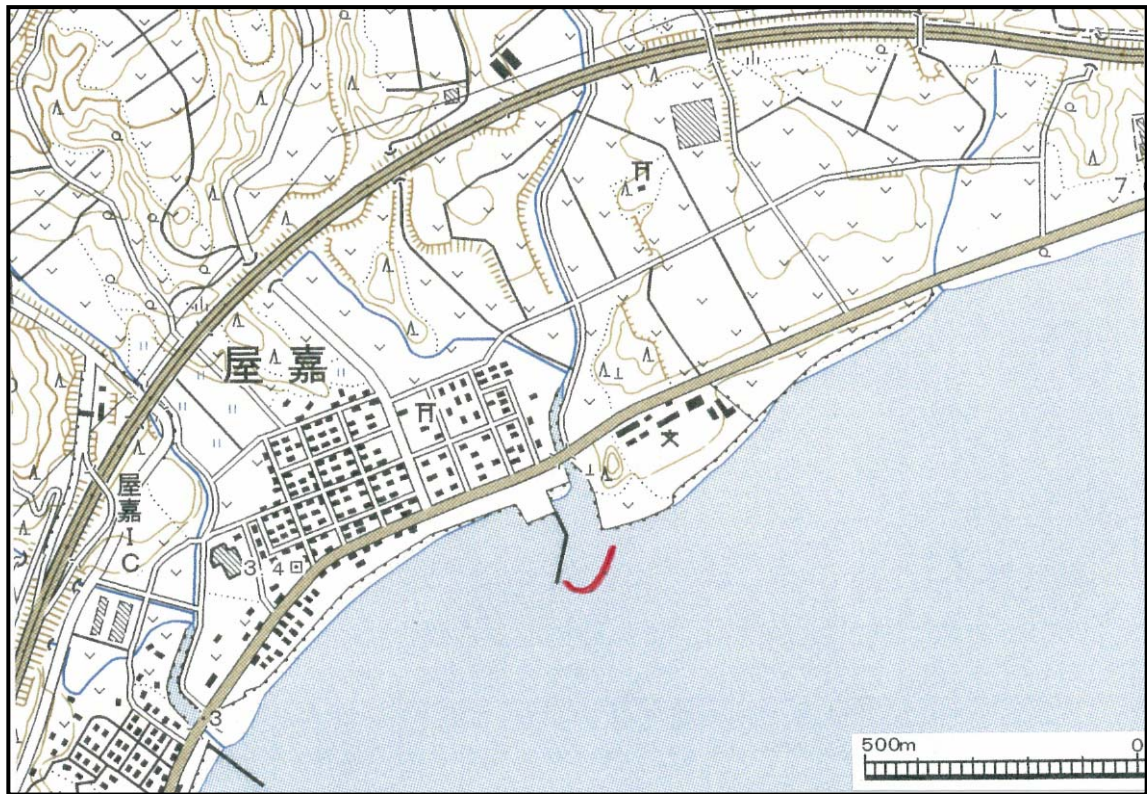


■  
渡久比那川河口の起点から  
92m沖合の海底  
カゴメノリに赤土の微粒  
子が堆積しているが、比  
較的少ない。



■  
渡久比那川河口の起点から  
92m沖合の海底  
カサノリとイソスギナが  
生育しており、赤土微粒  
子が岩の上に僅かに堆積  
している。

■渡久比那川の河口から沖合にかけて赤土微粒子が影響していると見られる範囲



### 4-3 金武町沿岸の赤土流出の修復

前項4-2で赤土流出の実態を調査した、金武町内の億首川と渡久比那川の河口及び沿岸海域では、河川を通じて上流側の農地や裸地から流出した赤土の微粒子が、河口から数百m沖合の浅海底に沈殿しており、風波で濁りが発生し、海底に生息する藻類等に被覆していることが確認された。

このように、金武町をはじめとする沖縄県沿岸各地の珊瑚礁地形で、水深が1～3m以下の礁池又は浅礁湖（一般にリーフと呼ばれる back-reef most）が、河川を通じて流出した赤土微粒子で汚染されることは、沖縄県特有の自然環境の保全上最も重要な課題であり、早急に抜本的な防止対策を講じる必要がある。

しかしながら、このような沖縄県各島の河口域や沿岸海域の赤土微粒子による汚染の修復を検討する前に、先ず、降雨時や河川工事等に伴って陸域から河川を通じて流出する赤土微粒子の排出を防がねばならない。

金武町を流れる、渡久比那川の上流域にある畑地の赤土と、渡久比那川河口の砂地、億首川河口の砂地、石川河口の砂地で採取した砂質について、粒度分布を試験した結果を次頁に示した。

渡久比那川上流の畑の赤土は、シルト分と粘土分が85.7%を占めており、降雨でこれらの粒径の小さい組成分が微粒子となって流出することが判る。

一方、渡久比那川河口の砂質にはシルト分と粘土分が含まれているが、億首川と石川の河口の砂質にはシルト分と粘土分が少なかった。



■ 金武町の赤土及び河床並びに沿岸の砂の粒度分布

試料	粒度分布 (%)		
	礫分	砂分	シルト+粘土分
渡久比那川上流畑赤土	2.2	12.1	85.7
渡久比那川河口の砂質	6.8	74.8	18.4
億首川河口の砂質	1.1	94.4	4.5
石川川河口の砂質	38.0	53.4	8.6

注) 粒径/礫分：2mm以上、砂分：0.075～2mm  
シルト+粘土分：0.075mm以下

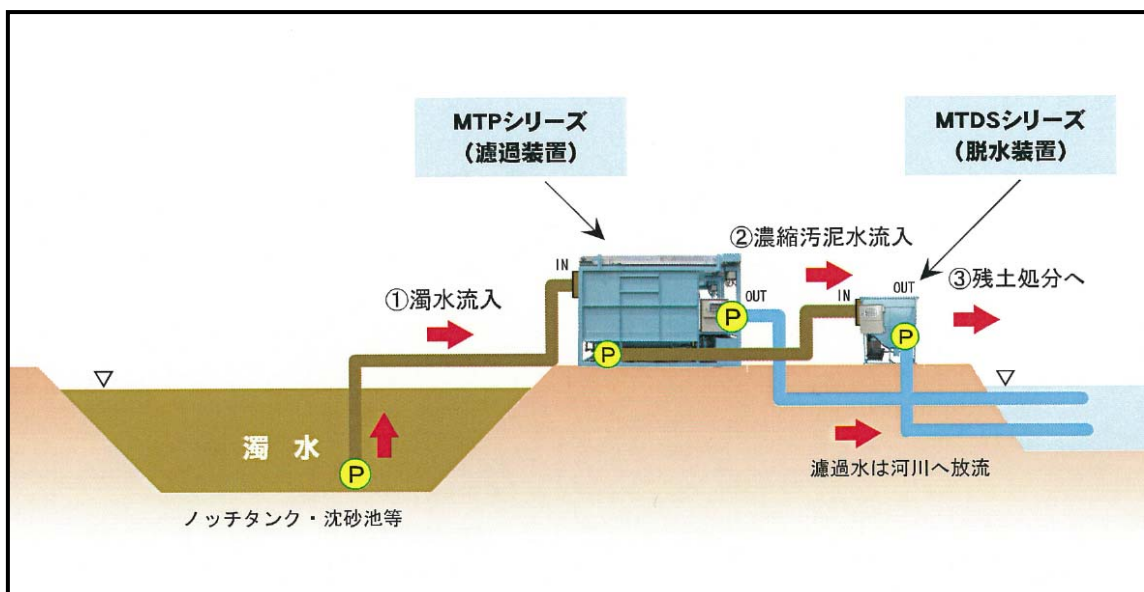
2章で述べたように、本調査で金武町の渡久比那川上流に試験的に設置した高分子マイクロフィルター濾過装置が、降雨時と河川工事で上流側から流出した赤土微粒子の除去に、きわめて有効であることが確認された。

先ず、河川からの赤土の流出を防止した後に、河川や河口底、沿岸海域の浅海底に沈殿、堆積している赤土微粒子については、河口底や浅海底の砂をポンプとホースで吸引して河口や沿岸に設けた沈殿池に一旦貯留し、洗浄した後に沈殿池の濁水を濾過装置で濾過すれば、流出した赤土を除去することが可能であろう。

なお、ポンプで吸引した海浜または海底の砂は、赤土微粒子を除去した後に、河口底または海底へ戻さなければならない。

すなわち、サンドクリーニング工法に高分子マイクロフィルター濾過装置を組み合わせれば、洗浄した濁水を海域に排出することなく、河口域や沿岸海域の砂を浄化して、河口域や沿岸海域の保全に繋がると考えられる。

■ 高分子マイクロフィルター濾過装置によるサンドクリーニング



#### 4-4 濾過装置から排出する濾過水と赤土汚泥の利用

本調査で、赤土で汚濁した河川水の濾過試験を行った高分子マイクロフィルター濾過装置では、濁度成分を除去した濾過水と、濁水から分離・除去した赤土汚泥が濾過量に応じて排出される。

2-3で示したように、赤土の微粒子を除いた透明な浄化水の水質は、水道水源レベルのきわめて良質であり、凝集剤等の化学薬品も使用していないので、農作物や園芸作物などに安心して散布することが出来る。

また、濾過装置から排出した赤土汚泥の、強熱減量と粒度分布の試験結果は以下のとおりである。強熱減量は、試料を600℃で1時間強熱灰化する、有機物質含有量の指標とされる値で、その値が低いほど有機物質を含有しない試料である。

##### ■ 濾過装置から排出した赤土汚泥の試験結果

試料	強熱減量 %	粒度分布 (%)		
		礫分	砂分	シルト+粘土分
赤土汚泥	4.1	0	2.5	97.5

注) 粒径/礫分：2 mm以上、砂分：0.075~2 mm、シルト+粘土分：0.075 mm以下

試験結果からみると、濾過装置で分離・除去した赤土汚泥は、有機物質の含有量が極めて低い粘土であること、砂分が少なく、殆どが粒径0.075 mm以下のシルト分と粘土分であることが判った。

これらの試験結果から、濾過装置から排出する赤土の汚泥は、沖縄県の伝統工芸品であるシーサーや陶器類製造用の陶土として利用することもできると推定されるが、今後県内の陶芸家に検討してもらう必要がある。

このように、赤土汚濁水の濾過装置は、自然環境の保全と修復の他に、濾過水や分離・除去した赤土汚泥を利用した新たな産業を興すことも考えられる。

#### 4-5 自然環境を活かした未来型観光産業の展開

わが国は、本格的な余暇活用時代を迎えて、事業所等の週休2日制による労働時間の短縮や学校5日制の導入、製造業やサービス業の合理化などによって、社会環境や観光産業も著しい変化をもたらしている。一方、国民の余暇指向も多様化しながら拡大の方向にあるが、国民の余暇への要求は健康とスポーツ、カルチャー、旅行等であって、余暇を活用する施設やアメニティを提供する施設が求められており、今後益々拡大するであろうと考えられる。

本調査では、従来の観光地を観て回る観光旅行から、金武町の優れた自然環境を活かした自然環境を観て、触って、色々と体験することが出来る未来型の観光産業について検討した。

また、自然や文化を体験するだけでなく、金武町の赤土流出による環境汚染の修復に参画するなど、地球環境の再生に貢献できるような、言葉どおりのエコツーリズムの場となることを期待し、そのあり方を検討した。

エコツーリズムの目的は、国民、特に児童・生徒や学生達に、自然環境についての理解、科学する心を養う、自然を愛する豊かな人間性の育成、自然愛護や自然再生思想の高揚を図ることにある。

前項4-1で述べたように、金武町の内陸部は金武大川の豊富な湧水と、フクギやガジュマルなどの緑に恵まれた自然豊かな地域である。金武大川は、金武町指定の文化財であり、1日に千トン以上の湧水が有り干ばつ時にも湧水することがないと言われている。

#### ■ 金武大川の湧水



また、西部の並里地区一帯では、豊富な湧水を利用して、水稲と金武町の特産品である田芋の美しい田園風景が広がっている。

#### ■ 並里地区の田芋の栽培



一方、沿岸海域では、億首川下流にオヒルギ、メヒルギ、ヤエヤマヒルギ、ヒルギモドキの4種類のマングローブが群生しており、干潟には各種の貝類や甲殻類が生息し、周辺には多くの野鳥が生息、飛来する姿が観察される。自然環境の観察や学習の場として、沖縄県内でも屈指の場所である。

#### ■ 億首川河口のマングローブ林



また、沿岸部の西端に近い伊芸地区には金武湾港海岸保全区域に、沖縄県が海浜公園を整備中であって、亜熱帯の樹木と白砂が織りなす景観が素晴らしい。完成後には海水浴客で賑わうであろうと推定される。西端の屋嘉地区の海岸も高潮対策で整備された安全で美しい海岸線である。

#### ■ 整備中の伊芸地区海浜公園



金武町は、この様な優れた自然環境と地元の青年達の全面的な協力を得て、これまでに修学旅行・自然体験学習の特色あるプログラムを開催して、好評を得てきた。

■ 金武町の主な体験学習プログラム

自 然 体 験	伝 統 文 化 体 験	生 活 体 験	漁 業 体 験
億首川カヌー体験 シーカヤック体験 マングローブ観察 野鳥観察 キャンプ、星空観察	エイサー教室 琉球舞踊教室 三線教室 シーサーづくり体験 紅型づくり体験	田芋収穫体験 さとうきび収穫体験 郷土料理教室	船釣り体験 定置網体験 サバニ体験 刺し網体験 グラスボート体験

しかしながら、金武町をはじめとして沖縄本島内の各地の沿岸では、降雨時に河川から国頭マージの赤土の微粒子が流出して、河口域や沿岸域の砂が赤土微粒子で汚染している。これらの赤土微粒子を含んだ砂質は、風波や掘削によって海水を赤濁して、沿岸域の景観を著しく損ない、生態系への影響も懸念されている。こうした現象は、金武町にとっても自然環境或いは自然景観の保全のみならず、自然体験や自然環境学習にとって好ましいことではない。したがって、降雨時の河川からの赤土の流出を防止することは、金武町で今後新しい未来型の観光産業を展開する上で早急に対応すべき課題である。

今回の調査で、降雨時に赤土の微粒子で汚濁した河川水を、高分子マイクロフィルターで濾過すれば水中の赤土微粒子を完全に捕捉することができること、サンドクリーニング工法と併用すれば、赤土の微粒子が滞留して赤くなっている海浜の砂を白砂に修復することも可能であることが推定された。

この、高分子マイクロフィルター濾過装置は、運転が安全かつ容易であるので、地域の環境保全、特に赤土の流出に関心がある自然保護団体等によって、降雨時にボランティア的に運用することも可能である。

前項4-4で検討したように、高分子マイクロフィルター濾過装置で浄化した河川水は、農業用或いは園芸用の散水に利用することができ、濾別した赤土汚泥を陶土として利用する新たな観光産業を興すことも考えられる。

なお、金武町は3-2で述べたように、今後の体験型観光や環境学習の場として、億首川河口右岸に「ネイチャーみらい館」の設置を計画し、沖縄県の未来型観光分野と考えられる自然環境体験旅行-エコツーリズム-の到来に備えた、宿泊施設（セミナー棟）、ふるさと体験交流棟、体験実習棟、キャンプ場、カヌー乗場と艇庫等の施設を建設中であって、平成20年6月に開館する予定である。

この「ネイチャーみらい館」の一角に、「珊瑚礁の汚染と再生モデル室（仮称）」を設置して、沖縄県独特の自然環境である珊瑚礁とリーフ内生物の展示、赤土微粒子による汚染の現状と修復に関する展示、赤土汚濁水の濾過施設やサンドクリーニングの施設を設置し、これらの施設の運転や水質試験を体験させることができれば、沖縄県の自然環境特に珊瑚礁海域の生態系の保全について理解し、体験できる、極めて画期的な施設になるであろう。

## 第5章 調査結果の総括

### (1) 赤土汚濁水の濾過

沖縄県各島の土壌の50%以上が「国頭マージ」と呼ばれる赤土で構成されており、この赤土は、酸性で粘着力が弱く、水に分散され易いので、降雨時には赤土の微粒子を分散した濁水が河川から海域へ流出する。このような土壌の特徴から、沖縄県での赤土の流出を防止するには、雨水に分散している赤土の微粒子を除去して河川に放流することが対策の一つと考えられる。一般に、濁水に含まれる土壌の微粒子を除去するには、凝集剤を加えて攪拌し、微粒子を大きくて重いフロック化して沈殿させる、いわゆる凝集沈殿法が考えられるが、この方法では装置が大型となり、添加した凝集剤の一部が環境中へ流れ出る懸念がある。

本調査で試験した濾過装置は、凝集剤を使用せずに、特殊な高分子マイクロフィルターで濁水の赤土微粒子を除去しようとするものであって、環境に優しい濁水の濾過システムである。平成20年2月19日に、金武町屋嘉地内の渡久比那川上流の川岸に濾過装置を仮設して、降雨や河川工事によって生じる汚濁水と濾過水について水質分析を行い、赤土による濁水が濾過装置によって完全に除去され、水道原水レベルの水質に浄化されることを確認した。

### (2) 赤土流出と環境学習

沖縄県各島に分布する土壌の特徴から生じる、降雨時の赤土の流出については、赤土流出の原因とその防止対策について児童・生徒に理解して貰うことが、将来の沖縄県各島の自然環境保全に資することが大きいと考えられる。

平成20年2月29日に、地元の嘉芸小学校5年生23名が、教員に引率されて濾過装置の現場に参集し、環境学習として濁水濾過の原理と、濁水と濾過水の水質について学習し、児童一人一人が水質検査を体験した。沖縄県内の児童・生徒に赤土流出による環境汚染を、科学的に理解させ、その対策を考えさせる上で極めて有意義な環境教育のテーマであった。

金武町が、平成20年6月に町内最大の河川である億首川の河口に開館する「ネイチャーみらい館」の施設内で、赤土流出問題の解説と防止技術を体験させることが出来れば、自然環境体験学習として理想的であろうと考えられる。

### (3) 自然環境を活用した未来型観光産業のあり方

#### 金武町沿岸の赤土流出の実態

金武湾は、沖縄県特有の珊瑚礁リーフ内にあり、多くの水生動物や藻類が生育している、沖縄県の貴重な自然環境の一つである。また、町内の億首川の河口にはマングローブ林もあり、貴重なカニ類が生息し、多くの野鳥が飛来する、環境学習には絶好の場である。

しかしながら、金武町内では、沖縄県各地と同様に、降雨時や河川工事中に、上流から沖縄県独特の国頭マージと呼ばれる赤土の微粒子が流出して、河口や沿岸海域に沈殿或いは堆積して、自然環境を汚染していると言われている。

本調査では、金武町内での河川からの赤土微粒子の流出の実態を把握するために、金武町内で赤土の流出が激しい億首川、石川川及び渡久比那川で河口と沿岸海域の赤土微粒子流出状況を調査した。

億首川は、干潮時に河口の広い範囲で砂地が干出する。干出した砂には、赤土微粒子が多く含まれており、風波や砂地表面の掘削で赤土微粒子による濁りが発生する。この砂地は、満潮時には赤濁したように見えるが、実際には濁っているのではなく、川底の砂が赤いためである。河口右岸の整備された護岸の周辺には、赤色の砂が多く打ち寄せており、左岸の水際の砂浜もかなり赤く見える。河口の沖合 465m でも、死んだ珊瑚や海藻に赤土の微粒子が付着しているのが確認されたが、沖合 530m では、赤土微粒子の影響は認められなかった。

石川川は、河口は遠浅で、河口周辺は礫と砂地である。海域へ注ぐ河川幅が狭いので、河川の流速が比較的早く、河口域では赤土微粒子の堆積は顕著には見られない。河口から沖合にかけては、大小の岩や礫が多くて砂地が比較的少ないので、顕著な赤土微粒子の影響は認められなかった。

渡久比那川は、河口は礫と砂地であるが、砂は赤土微粒子を含んで、やや赤褐色である。河口は水路の幅が狭くて流速が早く、赤土が流出した痕跡は顕著ではなかった。河口から 50～100m 沖合では、干潮時に干出する砂地が赤土の微粒子を多く含んでおり、波浪で水際が顕著な濁りを発生する。また、干潮時に打ち寄せられた流れ藻の葉体に赤土微粒子が大量に付着している。死んだ珊瑚や海藻に赤土微粒子の付着が顕著であることも確認された。

調査した 3 河川の中では、渡久比那川が河口域から沖合にかけて赤土微粒子の痕跡が最も顕著であった。

#### **自然環境を活用した未来型観光産業**

金武町は、水と緑の豊かな町である。町域の北側には町民の水道水源、灌漑水源である金武ダムをはじめとする幾つかのダムがある。金武ダムは、再開発によって平成 23 年には億首ダムとして整備される。上流に金武ダムがある億首川の下流には、マングローブ林や干潟があり、自然体験学習の拠点として、金武町が平成 20 年 6 月に「ネイチャーみらい館」を開館する。

このような豊かな自然環境と体験学習施設は、今後エコツーリズムや自然環境体験学習の場として期待されるが、これらの自然環境を後世に残すためにも、降雨時の赤土微粒子の流出を防ぐ必要がある。

赤土微粒子による河口や沿岸海域の汚染を防止するには、先ず河川から流出する濁水中の赤土微粒子を完全に分離しなければならない。そのためには、濁水の沈殿処理等の措置が必要であるが、土木工事を必要としない上に化学薬品を使用しない高分子マイクロフィルター濾過方式は有効な手段であることが判った。

#### **金武町沿岸の赤土流出の修復**

金武町内の河川の河口や沿岸海域で、河川から流れ出た赤土微粒子で汚染している砂地を修復することを検討した。赤土微粒子で汚染した砂は洗浄（サンドクリーニング）することで修復が可能であるが、砂を洗浄した濁水の処理を平行して行うことが重要で、濾過方式を併用することが望まれる。

このような、赤土で汚染した砂地の修復に当たって、地元の自然保護団体や体験観光に来訪した観光客にボランティアとして協力を得ることができれば、沖縄県の自然環境保護の観点から極めて画期的な保護対策であろう。

本調査で検討した、高分子マイクロフィルターによる赤土の濾過装置は、操作が簡単かつ安全であるから、地域の環境保全、特に赤土の流出に関心がある自然保護団体や、エコツーリズムの参加者によって、降雨時にボランティア的に運用することが考えられる。

#### **赤土汚濁水を濾過装置から排出する浄化水と分離した赤土汚泥の利用**

化学薬品を使用しない高分子マイクロフィルター濾過では、浄化された濾過水と粒子の小さいシルト質や粘土質の赤土が濾別される。濾過水は、水道原水レベルの良質の河川水であるから、農業や園芸用の散水として利用することが出来る。濾別された赤土汚泥は、砂質を含まない、シルト質と粘土質の汚泥であって、陶土等に利用することが可能である。

以上のように、金武町の河口域や沿岸海域の赤土汚染を浄化すれば、金武町の優れた自然環境を活用した、未来型の観光、すなわち体験学習や環境学習を主体とする観光ーエコツーリズムーを活発に展開することが出来る。

また、赤土汚濁水の濾過装置から排出する浄化水と分離した汚泥を利用して、新たな産業を興すこともできる。

更に、濾過装置を現地で組み立てることが出来れば、今後、この地域での環境装置産業を展開することも可能である。

■ 本調査報告書は、以下の文献を参考にして作成した。

1. 金武町2007町勢要覧、2007 金武町役場
2. 億首ダムの概要、2007 沖縄総合事務局北部ダム事務所
3. 日本の珊瑚礁、2004 環境省・日本サンゴ礁学会
4. 琉球列島の陸水生物、2003 西島信昇監修 東海大学出版会
5. 考えよう赤土等流出について、2001 沖縄県文化環境部