

## 1.1.2 再生手法の検討

### (1) 慶佐次川ヒルギ林内生態系の変化とその要因

ここでは慶佐次川のヒルギ林内生態系の変化の要因等を示す環境状況について下記に整理した。なお、整理結果は、過年度の「沖縄県自然環境再生モデル事業結果報告」(沖縄県)より引用した。

#### 1) 流域内の土砂流出状況

流域内には、裸地や耕作地、斜面崩壊箇所などがあり、そこから赤土等の流出が確認できる(図 1.1.2-1)。この上流からの赤土流出が下流やヒルギ林などへの赤土堆積の供給源となっている。

赤土の堆積は、上流や中流、下流、河口と比べヒルギ林内で高くなっており、ヒルギ林域では赤土のトラップ率(補足率)が高いことがいえる。水の濁り(SS)は、ヒルギ林域、河口区間で平常時にも確認されており、堆積した赤土の巻き上げや二次流出の影響の可能性が考えられる。

#### 2) 赤土の流出状況

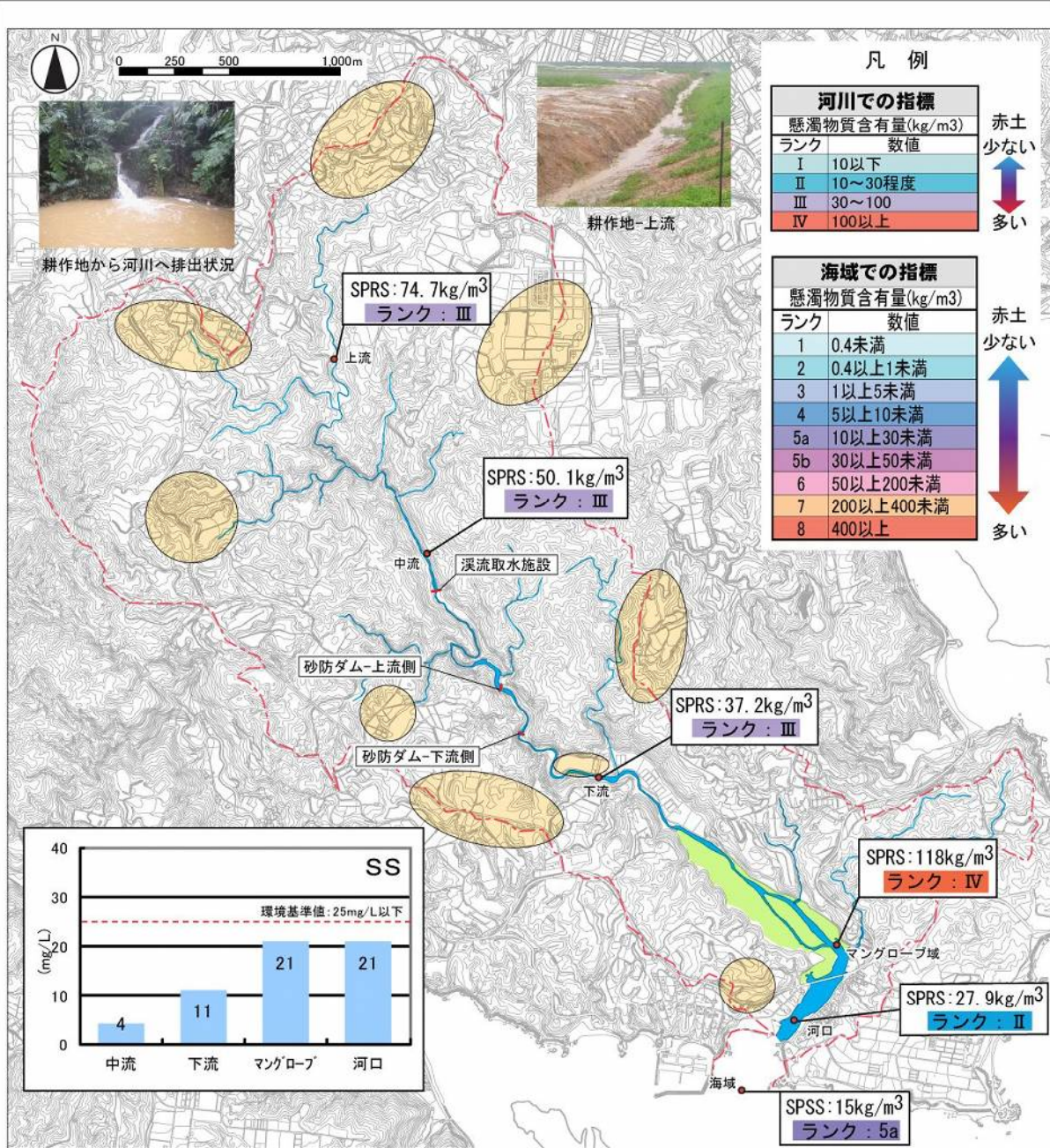
流域について、赤土流出量割合から分類した土地利用面積を用い(「平成27年度沖縄県自然環境再生モデル事業結果報告」慶佐次流域環境カルテ(沖縄県))、流出総量を算出した結果、赤土総排出量は3,105t/年と算出された。そのうち耕作地からの流出が約99%を占め、特にパインからの流出が大きい(表 1.1.2-1)。

また、面積当たりの年間排出量は、慶佐次川流域で4.3 t/ha/年であった。ちなみに沖縄県平均で1.2 t/ha/年\*であることから、慶佐次川流域は沖縄県平均の約3.6倍も流出していることになる。

表 1.1.2-1 慶佐次川流域の土地利用別面積と赤土流出量

区分	面積 (ha)	面積 比率	赤土流出 係数 (t/ha/年)	面積当たりの 年間排出量 (t/年)	赤土流出 量割合	
ヒルギ林	9.96	1.4%	0	0	0.0%	
森林	492.61	67.8%	0.045	22	0.7%	
荒地・原野	51.95	7.1%	0.066	3	0.1%	
耕作地	放置畑	33.36	4.6%	0.3	10	3,074 99.0%
	さとうきび	29.2	4.0%	2.9	85	
	パイン	35.31	4.9%	83	2,931	
	花木・果樹等	13.41	1.8%	2.1	28	
	牧草類	23.24	3.2%	0.3	7	
	野菜他	2.5	0.3%	5.3	13	
裸地(未耕作地含む)	17.61	2.4%	0.3	5	0.2%	
住宅・商業地	6.16	0.8%	0.045	0	0.0%	
貯水池	3.08	0.4%	0	0	0.0%	
その他	8.44	1.2%	0.045	0	0.0%	
流域全体	726.83	100.0%	4.3	3,105	100.0%	

\*面積当たりの年間排出量、沖縄県全体の面積当たり年間排出量は「仲宗根一哉・比嘉榮三郎・滝本裕彰・大見謝辰男. 沖縄県における赤土等年間流出量(第2報). 沖縄県衛生環境研究所 第32号. 1998」から引用



引用：「平成27年度沖縄県自然環境再生モデル事業結果報告」のデータをもとに作成

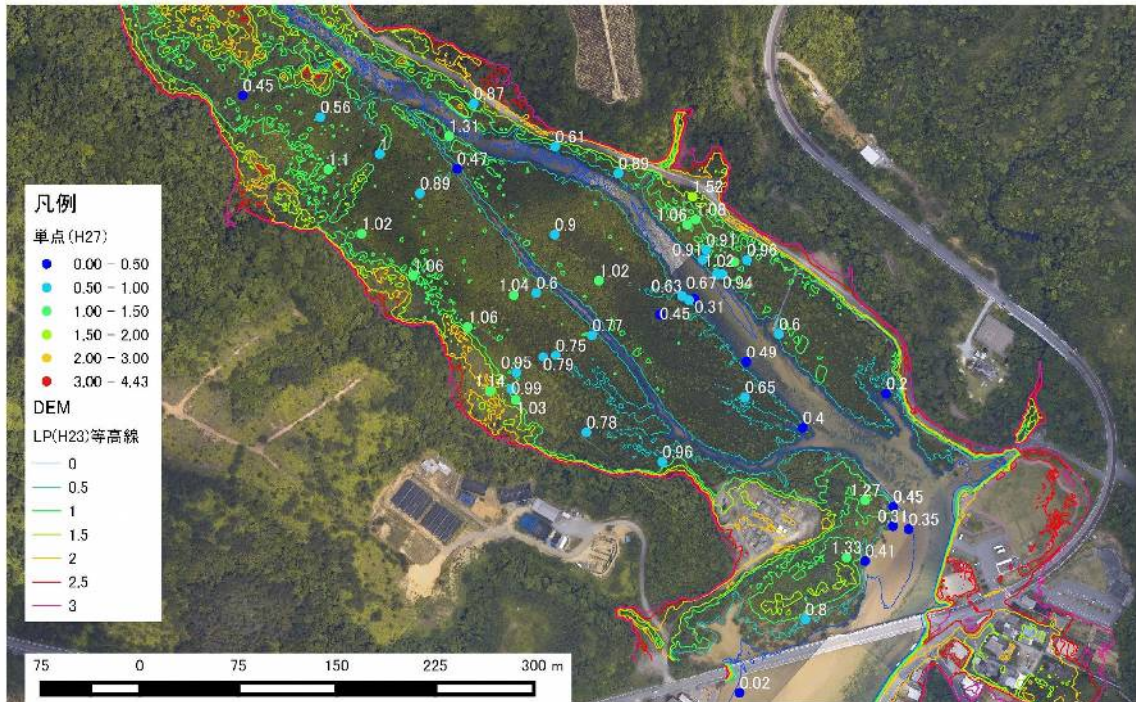
図 1.1.2-1 流域内の土砂流出状況

### 3) 赤土の堆積状況

単点測量結果 (H27 年) により確認されたヒルギ林内の標高を図 1.1.2-2 に示す。また、過去 (平成 23 年) に実施された LP 測量\*結果<sup>注)</sup> と比較を行い、ヒルギ林内の標高変化を図 1.1.2-3 に示した。これをみると、10~20 (cm/4 年) 程度の標高変化(高さの上昇)が確認された。

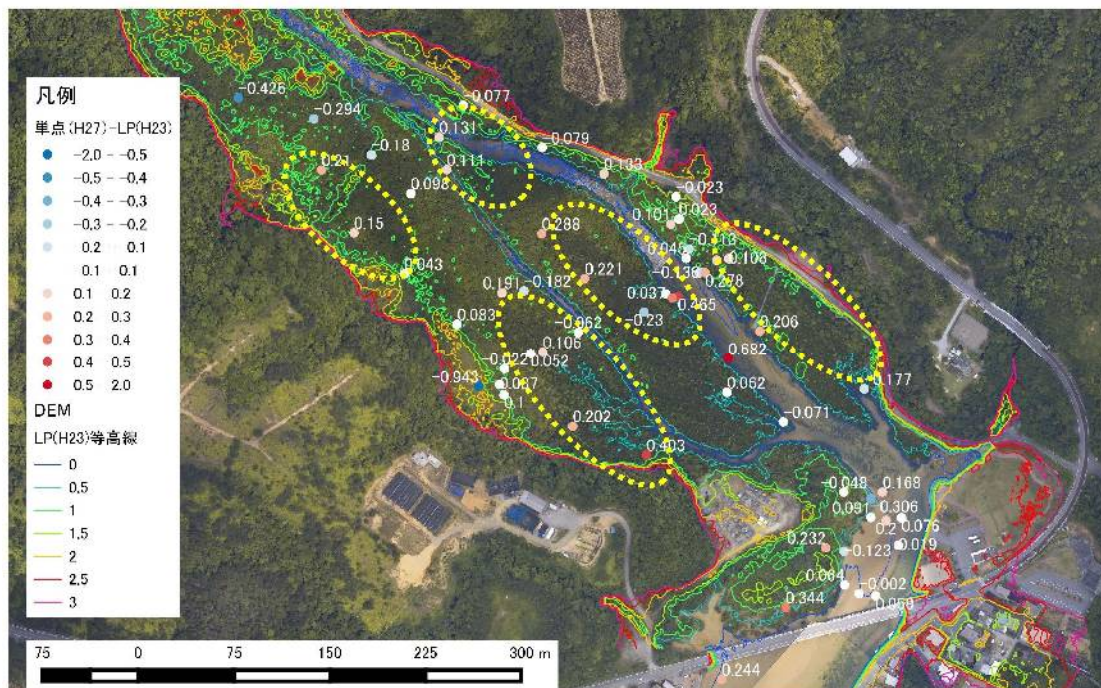
\*LP 測量: 航空レーザ測量ともいう。航空機に設置したレーザを使用し測量を行う。

注) 「地形分類図 (標高データ) 東村 (平成 23 年測量)」(沖縄県森林管理課)



出典: 「平成 27 年度沖縄県自然環境再生モデル事業結果報告」

図 1.1.2-2 ヒルギ林内の単点標高 (H27)

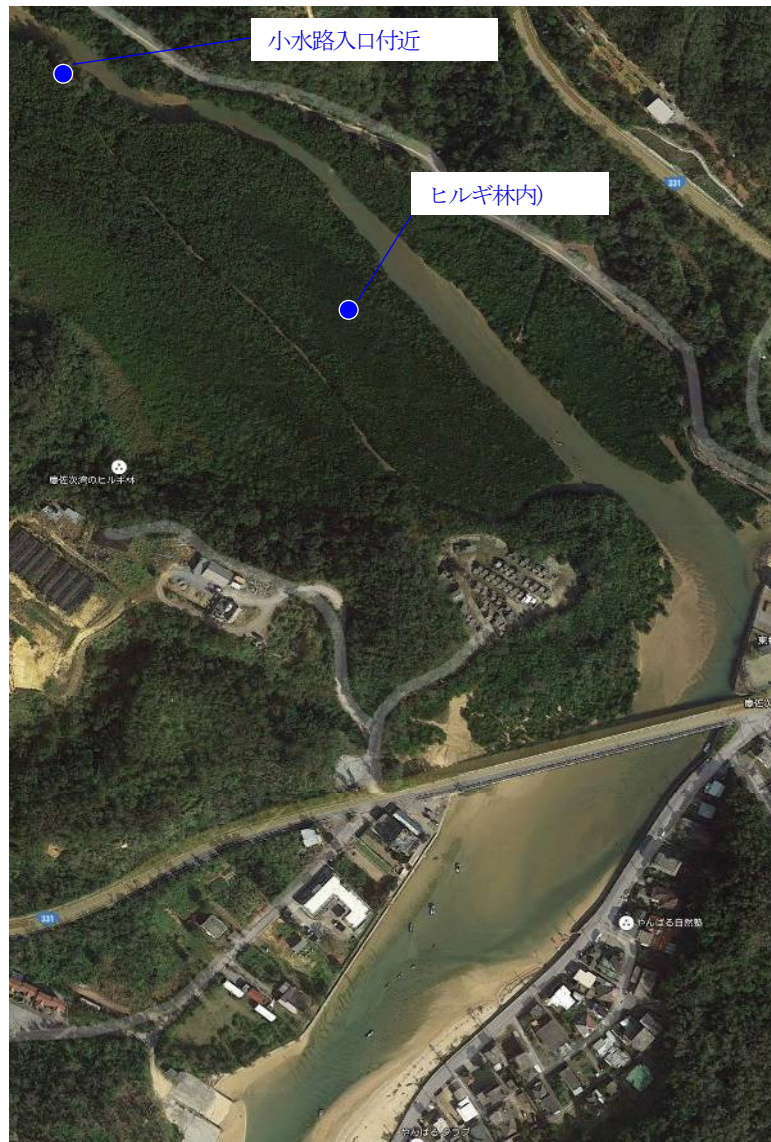


出典: 「平成 27 年度沖縄県自然環境再生モデル事業結果報告」

図 1.1.2-3 ヒルギ林内の標高変化 (H27-H23)

#### 4) 堆積速度

ヒルギ林内の赤土堆積を採取して 210Pbex 法により年代測定を行った結果 (図 1.1.2-4)、ヒルギ林内小水路入口付近で 0.74cm/年、ヒルギ林内で 1.73cm/年が得られた。ヒルギ林中央部の堆積速度は非常に早く、急速な陸地化が進行していると考えられた。



出典：「平成 27 年度沖縄県自然環境再生モデル事業結果報告」

図 1.1.2-4 年代測定調査地点

#### 5) 植生の変化

植生図を図 1.1.2-5～図 1.1.2-6 に示した。慶佐次川のヒルギ林では、昭和 51 年当時には上流側から下流側にかけてメヒルギ群落、オキルギ群落、ヤエヤメヒルギ群落が順に分布していたが、平成 26 年の調査結果では、メヒルギがほとんど分布していない。流下している水路も平成 26 年度には大きく狭まっている。

昭和 51 年当時には、メヒルギ林の上流側にはヒメガマ群落、ハイキビ群落などからなる湿性草本群落が広がっていたが、平成 26 年には常緑広葉樹二次林やモクマオウ群落、オオハマボウやアダマン、シマシラキなどのバックマングローブ植物など陸域に分布する植生に変化しており、全体として陸化が進行しているものと考えられる。

このように慶佐次川のヒルギ林では、陸化の進行によりヒルギ林内生態系の維持機能が損なわれつつあるものと考えられる。

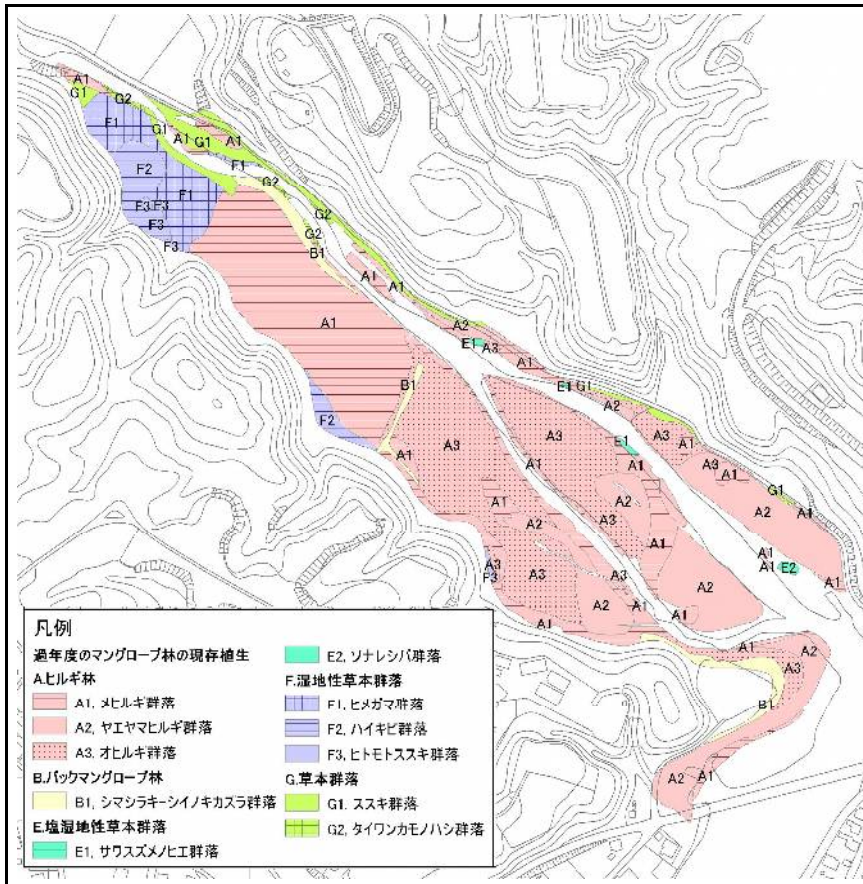


図 1.1.2-5 昭和51年(1976)頃の現存植生図

汽水域に広がるヒルギ林は上流から下流にかけてメヒルギ群落、オヒルギ群落、ヤエヤマヒルギ群落の順で分布が見られた。

ヒルギ林の上流側にはヒメガマ群落、ハイキビ群落などからなる湿地性草本群落 distributes、左岸側道路沿いにはススキ群落の分布も見られた。

資料:「慶佐次湾のヒルギ林緊急調査報告(沖縄県教育委員会、昭和51年3月)の図をもとの作成

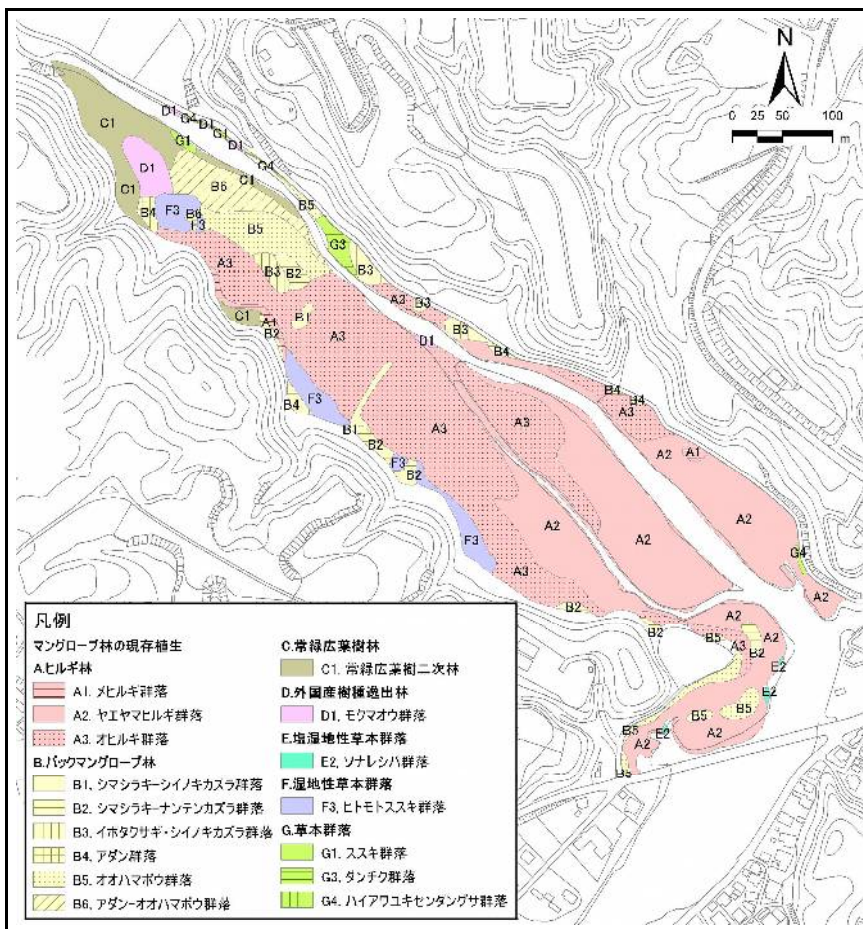


図 1.1.2-6 平成26年(2014)の現存植生図

昭和51年の現存植生図と比べ、メヒルギ群落の分布がほとんど見られず、上流側にオヒルギ群落、下流側にヤエヤマヒルギ群落が分布している。ヒルギ林内を通る水路もヒルギ林の分布拡大により、水路幅が大きく狭められていた。

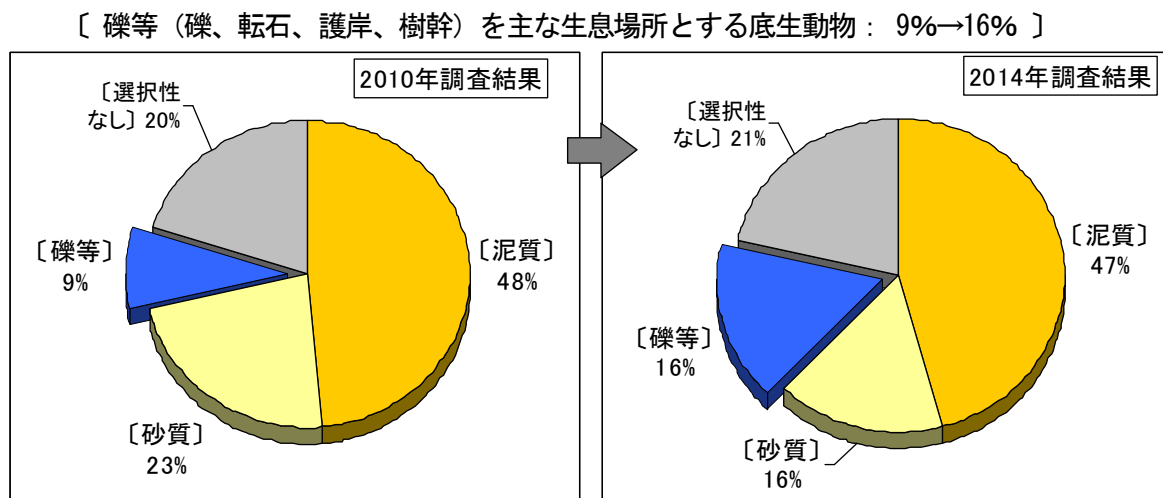
ヒルギ林の上流側は湿地性草本群落だったが、オオハマボウやアダンなどからなるバックマングローブと常緑広葉樹二次林に入れ替わっていた。

また、外来種であるモクマオウ群落の分布もみられるようになった。

資料:平成26年度 自然環境再生指針(仮称)策定事業委託業務報告書、平成27年3月、沖縄県

## 6) 底生動物相の変化

土砂の堆積、それに伴い陸生植物群落へ変化することにより、底生動物の甲殻類相もより陸域に依存する群集へと変化している傾向がみられた (図 1.1.2-7)。



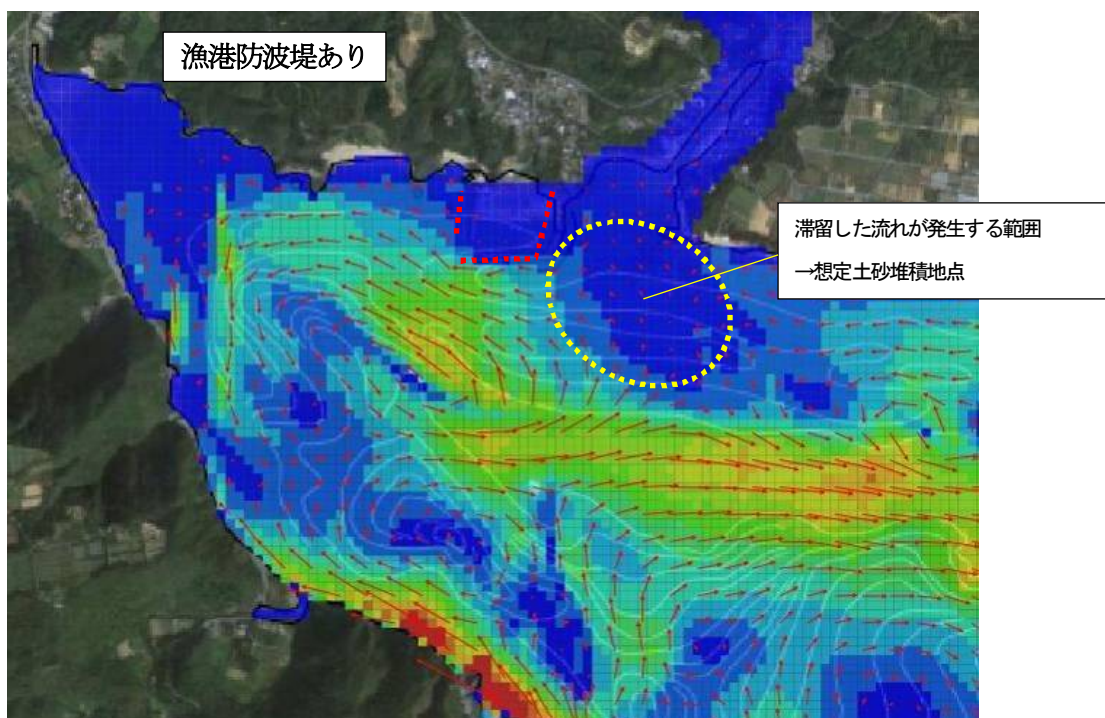
出典：「平成 27 年度沖縄県自然環境再生モデル事業結果報告」

図 1.1.2-7 慶佐次川マングローブにおける生息環境別底生動物相の変化

## 7) 河川における海砂侵入と土砂排出状況

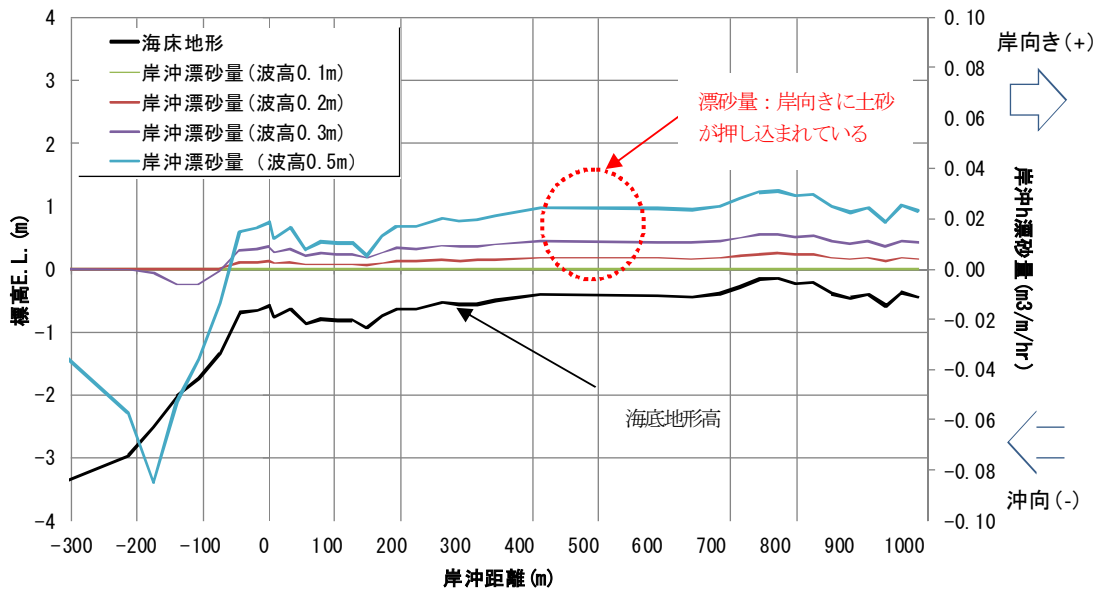
本モデル事業の測量の結果、慶佐次川の河口入口付近 (船揚場) の地点で、川幅が狭く、河床も浅くなっており、上流側からの土砂排出が難しくなっている。

また、「平成 27 年度沖縄県自然環境再生モデル事業結果報告」(p262~267) では、流況解析による土砂堆積要因の解析を行っている。その波浪解析の結果、河口前面は、海浜流の滞留域が生じ、土砂が堆積しやすい環境が形成されており (図 1.1.2-8)、波浪に伴って河口内へ土砂が押し込まれる状況になっていることがわかった (図 1.1.2-9)。



出典：「平成 27 年度沖縄県自然環境再生モデル事業結果報告」

図 1.1.2-8 海浜流分布



出典：「平成 27 年度沖縄県自然環境再生モデル事業結果報告」

図 1.1.2-9 波浪侵入時の土砂動態（波浪減衰未考慮）

したがって、洪水などで運ばれた土砂は、河口の地形状況（狭小化）や波浪による河口内への土砂の押し込みにより、海域への排出が難しく河口前面に堆積しやすい状況にある（図 1.1.2-10）。

この状況は河口に蓋ができた状態で、上流側からの土砂の排出を難しくしており、河川内の土砂堆積が進み、河床高を上昇させるなどの影響を及ぼしていると考えられる（図 1.1.2-11）。

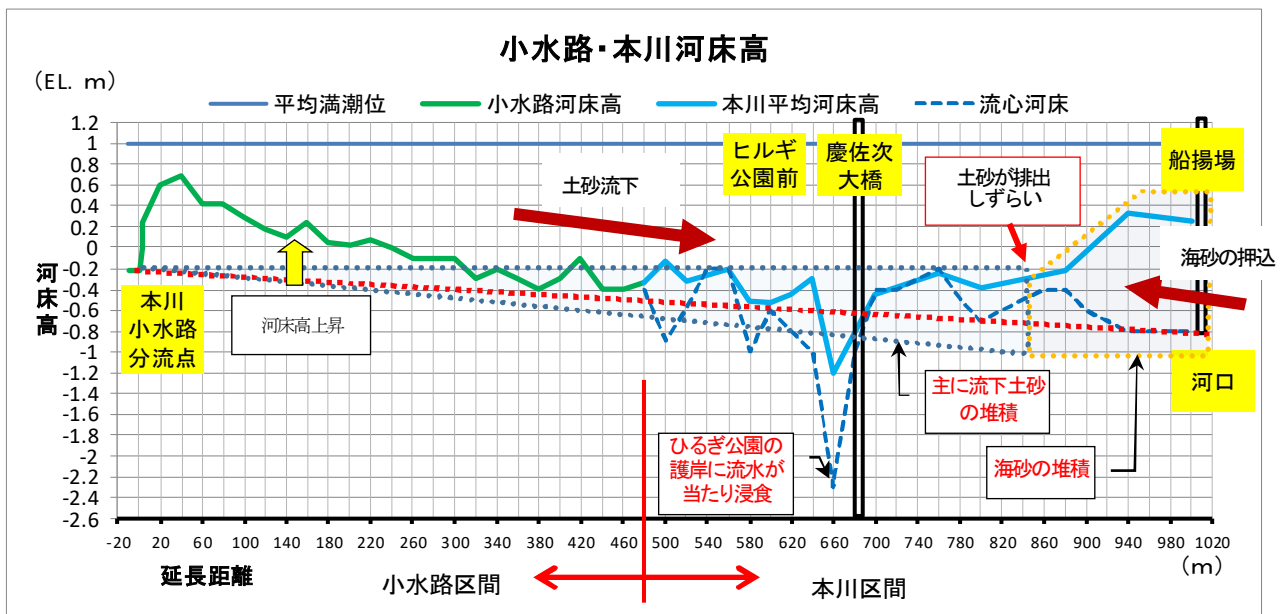
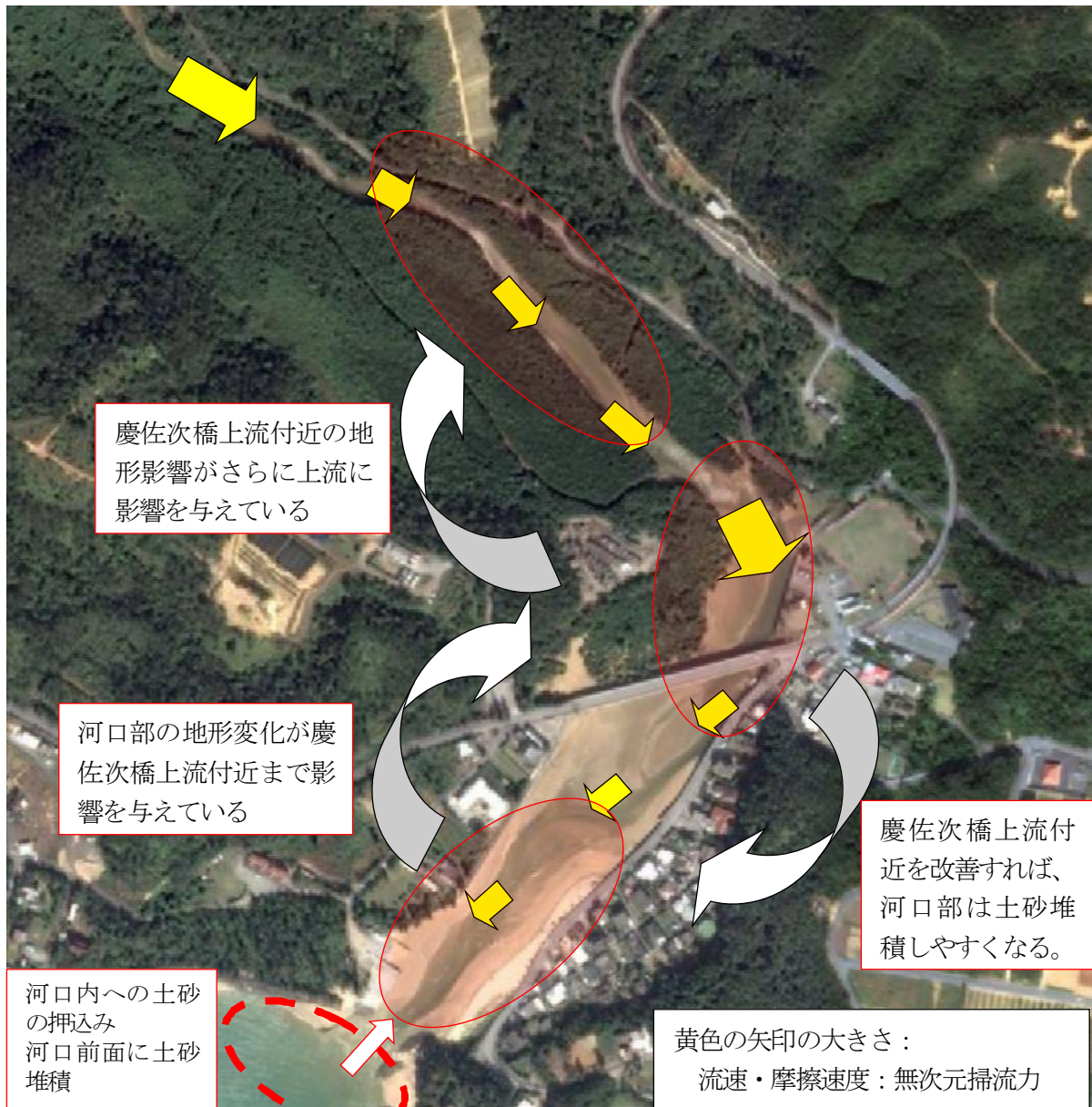


図 1.1.2-10 小水路から本川河口まで河床縦断の状況



出典：「平成26年度自然環境再指針（仮称）策定事業委託業務 業務報告書」（沖縄県）資料(4)-p364 を加筆

図 1.1.2-11 土砂堆積のメカニズムのイメージ

#### 8) 利活用の現状と課題

本ヒルギ林内の水路は、カヌーツアーに利用され、若者の雇用の場、村の収入源の一つにもなっている（写真 1.1.2-1、表 1.1.2-2）。

このため、陸化傾向の抑制が喫緊の課題である。





資料：やんばる自然塾ホームページ： [http://gesashi.com/individual\\_a](http://gesashi.com/individual_a)

写真 1.1.2-1 エコツアー

表 1.1.2-2 東村慶佐次川における観光利用者の推移

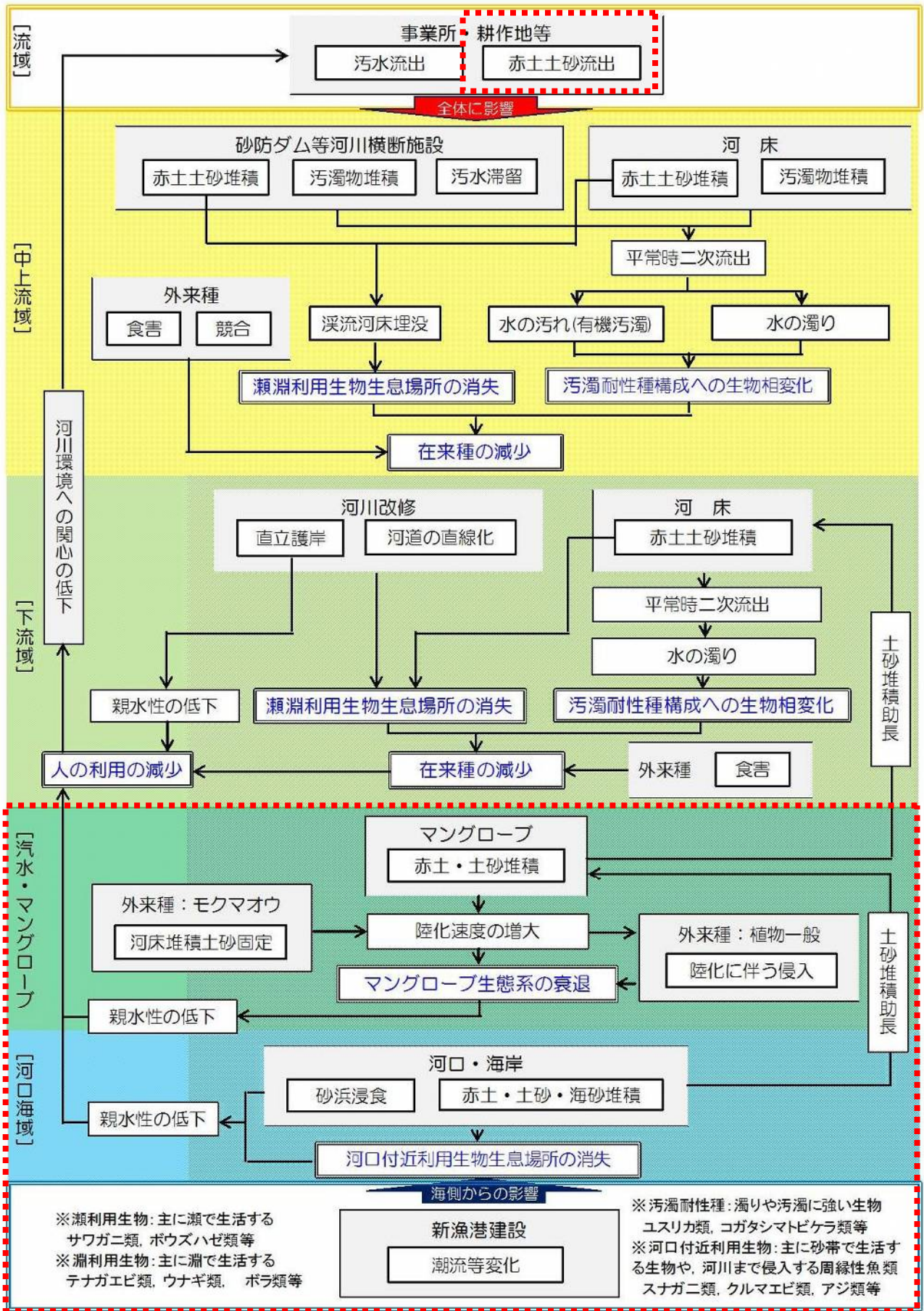
年度	修学旅行	一般エコツアー	一般入り込み客	合計
H18	15,423	15,318	78,700	109,441
H19	14,766	18,951	78,000	111,717
H20	15,785	25,816	78,000	119,601
H21	16,381	25,942	79,326	121,649
H22	12,767	22,248	65,602	100,617
H23	16,998	24,860	62,670	104,528
H24	15,664	27,239	57,381	100,284
H25	16,283	28,688	60,476	105,447
H26	14,299	28,132	50,780	93,211
H27	15,550	31,326	33,171	80,047
平均	15,392	24,852	64,411	104,654

資料：東村村勢要覧

## 9) まとめ

一般的にヒルギ林では、林内の水路（チャンネル=channel、クリーク=creek）を通して、上げ潮時は、酸素等が海側から新鮮な海水侵入によって供給され、また、栄養塩類も堆積物の巻き上げにより供給されており、引き潮時においては不要物の排出や堆積土砂の浸食が発生している。このように、ヒルギ林内生態系の維持のために林内の水路は重要な役割を果たしている。

しかしながら慶佐次川のヒルギ林では、河口付近の形状変化によって河川内へ海砂が侵入し、上流域から流入する多大な土砂の排出が難しくなっており、それにより、ヒルギ林の陸化速度が上昇して上流側から順次ヒルギ林内の生態系が陸上の生態系へ変化している可能性がある（図 1.1.2-12）。



出典：「慶佐次川自然環境再生全体構想 平成27年」

図 1.1.2-12 ヒルギ林内生態系再生に係るレスポンスフロー (赤枠内)

## (2) ヒルギ林の再生に係る先行事例の整理

ヒルギ林の陸化に係る既往事例及び再生に係る先行事例を整理した。

### 1) 陸化事例（宮良川ヒルギ林）

陸化事例の整理結果を表 1.1.2-3 に示した。

表 1.1.2-3 陸化事例整理結果

出典名	「陸域環境負荷に晒された河川型マングローブ水域における土砂堆積特性」（色川・二瓶、水工論文集 2008） 「宮良川マングローブ水域における土砂輸送特性に関する長期連続モニタリング」（二瓶・関、海岸工学論文集 2006）
目的	マングローブ水域における陸化プロセスの把握を目標とし、その第一歩として、農地開発が進む石垣島・宮良川マングローブ水域における土砂流入・流出・堆積調査を実施し、マングローブ水域全体における土砂動態や地盤高さの変化の実態を明らかにした。
概要	<p>○マングローブ植物が繁茂する氾濫原（マングローブ林内）は<u>一定の土砂トラップ効果があることがわかった（-13～66%）</u>。ただし、上流部から流入する高濁度水塊は、マングローブ林を通過すると、その下流では濁度（SS）が減少する場合だけでなく、上昇することもあった。これは上流側からマングローブ林への流入する土砂量が、補足される場合と、補足されず下流側の海へ流出する場合もあることがわかった。</p> <p>○マングローブ水域（マングローブ林内）では、<u>土砂トラップ効果が現れる時（＝堆積傾向）と、そうでない時（＝侵食傾向）が存在することがわかった</u>。 これは降雨時の氾濫原（マングローブ林内）での冠水状況と海水の遡上・退海が複雑に関係しており、洪水出水と潮汐のタイミングや大きさにより、マングローブ水域における土砂輸送・堆積特性が大きく変化することがわかった。</p> <p>1) 上流側からの土砂流入量の方が下流側での流出量よりも大きくなる場合</p> <p>①氾濫原（マングローブ林内）が冠水し浮遊土砂が氾濫原上に堆積</p> <p>②出水と海水遡上のタイミングが一致し、上流河川からの流入土砂が海まで到達できず河道部に沈降</p> <p>③高波浪来襲に伴い海側から高濁度水がマングローブ水域に遡上</p> <p>2) 上流側からの土砂流入量よりも下流側での流出量の方が大きくなる場合</p> <p>①氾濫原に冠水せず、かつ、出水と下げ潮時のタイミングが一致し流速が増大し、それに伴い底質の再懸濁が顕著</p> <p>○侵食傾向が顕著だった台風時（0613号：9月16日）の出水時におけるマングローブ水域全体の土砂収支の解析を行った。当時の台風時は、氾濫原（マングローブ林内）への土砂沈降量が上流側からの流入量とほぼ同程度となり、上流側からの土砂は下流側へ流出してないことが示唆された。一方、マングローブ林内の河道部の巻上げ量は、<u>上流側からの流入量の約1.4倍</u>で、その分の土砂は下流側へ流出していることが示唆された。このように大規模洪水時は、<u>マングローブ林内の巻上げによって河道内の土砂を減少させる効果があり、侵食傾向が卓越することがわかった</u>。</p> <p>○氾濫原における地盤高さの上昇速度は、<u>上流側、下流側、全体では、各々3.1、1.3、2.0cm/year</u>となる。一般的なマングローブ水域における地盤高さの上昇速度が0.5～1.5cm/yearであることを考慮すると宮良川マングローブ水域における地盤上昇速度は大きい方に分類され、その傾向は上流部において顕著である。これは、（マングローブ林の）<u>上流域は陸域からの流入土砂の影響を直接受けやすく、また、出水時における冠水頻度が多いためであると考えられる</u>。</p> <p>○以上の結果、顕著な陸域環境負荷の影響を受ける宮良川マングローブ水域では、氾濫原（マングローブ林）における地盤高さの上昇速度は大きくなっており、マングローブ上流側では陸地化する可能性が高くなっていると結論づけた。</p>

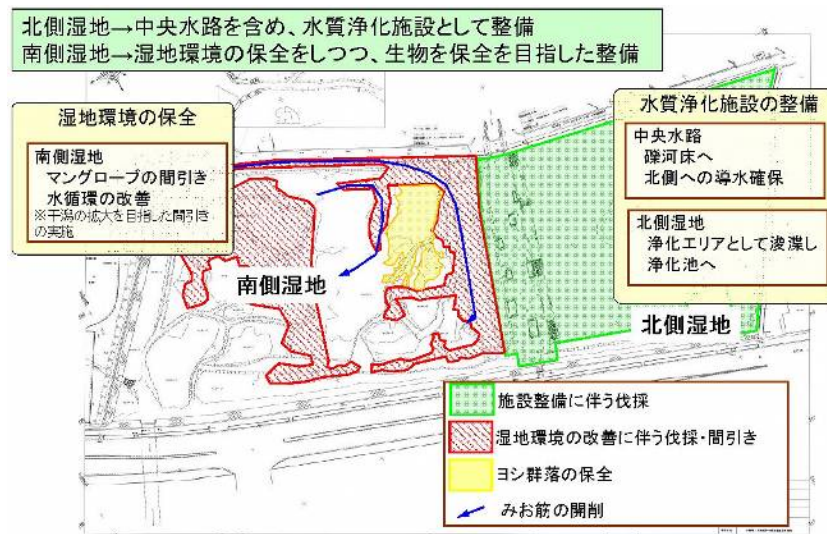


3. 比屋根湿地の環境改善整備の検討経緯

- ①平成 16 年～17 年：基本理念・基本方針の設定、整備目標の設定
- ②平成 18 年：基本設計
- ③平成 19 年～平成 20 年：北側湿地、中央水路の実施設計及び整備
- ④平成 20 年～平成 23 年：南側湿地の実施設計及び整備

4. 比屋根湿地の環境改善整備の方針

- ①基本理念：ふるさとを感じる比屋根湿地・泡瀬海岸
- ②基本方針：マングローブや野鳥等が生育生息する多様な生物の生息空間の形成
- ③整備目標：水質改善に寄与する環境の再生、多様な生物が生育・生息する自然環境再生
- ④場の設定：地形、植生、潮位、生物の生息場等から環境を把握  
 南側は湿地環境保全ゾーン、北側は水質浄化促進ゾーンに区分
- ⑤整備計画の概要：水質浄化施設の整備、湿地環境の改善



5. 比屋根湿地の整備工事

①北側湿地

土砂運搬量:7,913m<sup>3</sup>、除草面積:5,360m<sup>2</sup>

浄化エリアとして整備  
 ヒイラギギク(外来種)の除根→浄化池整備→中州の創出



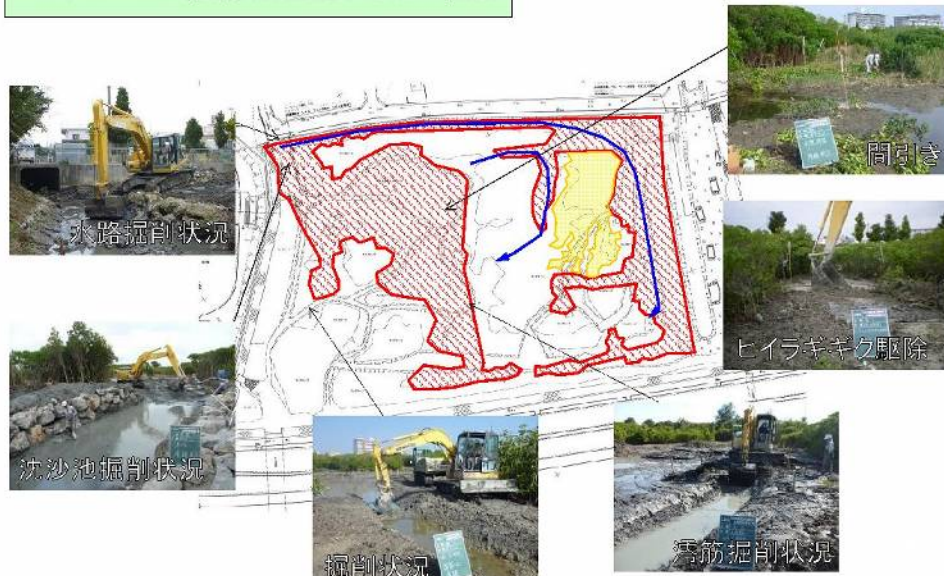
## ②中央水路及び連絡水路

中央水路：拡幅、礫敷設、池の設置、浄化護岸の設置  
 連絡水路：開削による水循環の効率化



## ③南側湿地

マングローブの選択的間引き、水路の開削



### 6. 整備の際の環境配慮事項

#### ①コハクオカミミガイ等の移動及び生息場の創出

→ 北側湿地に生息していた個体を南側湿地の適地に分散移動

→ 南側湿地で飼育した一部個体を整備後の北側湿地の早期回復のために移動

#### ② 改変区域からの生物移動

→ 南側湿地の工事前に改変される箇所から、非改変の箇所への生物移動

### 7. 比屋根湿地の整備効果

#### ① 水生生物確認種の変化 → 魚類の種類数が増加 (H17: 44 種 → H24: 55 種)

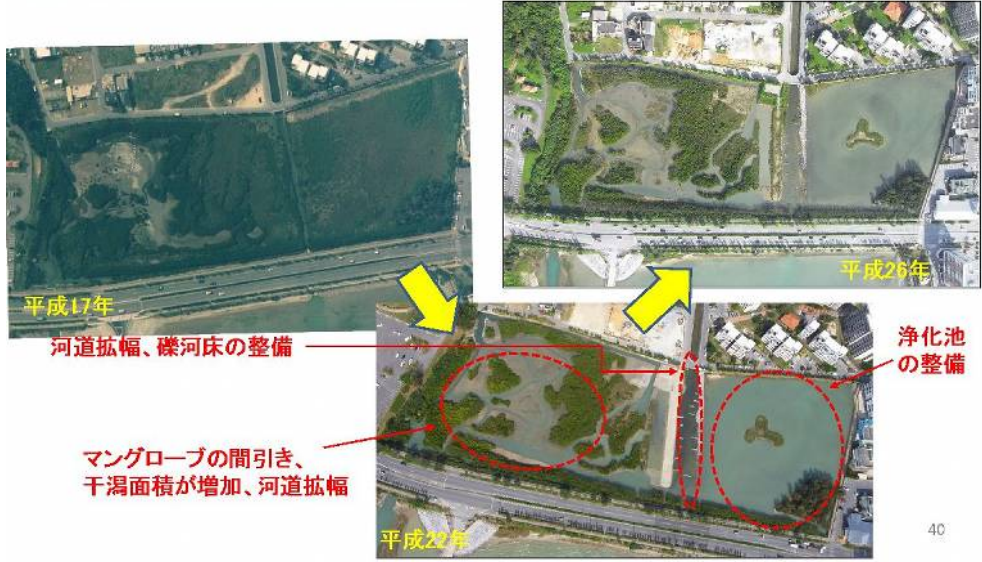
開放水面の増加で生息場の拡大、海水交換の向上が要因

#### ② 植生状況の変化 → 外来種のヒラギギクの駆除に成功

ヒルギ類の間引きにより、干潟環境が改善

- ③鳥類の飛来状況の変化 →北側湿地の開放水面を利用する鳥類が増加
- ④海水交換の状況 →海水交換量が3倍となり、湿地内の海水の循環が向上

・整備前後の比較  
 北側湿地→浄化池の整備  
 中央水路→河道拡幅、礫河床の整備  
 南側湿地→マングローブの間引き、干潟面積が増加、河道拡幅



8. 比屋根湿地の保全・利用

- ①環境学習：沖縄県主催で、地域の子供たちに比屋根湿地や泡瀬海岸に生息する生き物の観察会の実施

主催：沖縄県  
 内容：比屋根湿地観察会



比屋根湿地観察会の様子

- ②清掃活動：沖縄市主催で、ゴミ収集、除草の実施

(3) 専門家の意見聴取

専門家に再生手法に関する聞き取り調査を行った（表 1.1.2-5）。

表 1.1.2-5 意見をいただいた専門家（敬称略）

氏名	所属等	専門分野	類似の社会貢献活動
赤松 良久	山口大学大学院理工学研究科／准教授 元琉球大学工学部環境建設工学科／助教授	河川工学	奥川自然再生協議会／河川工学系アドバイザー 著書：環境水理学（2015）
新城 和治	元琉球大学教育学部／教授	植物生態学	沖縄県自然環境再生指針検討委員会／委員 沖縄県環境影響評価審査会／陸域植物委員

1) 赤松良久山口大学准教授への聞き取り

赤松良久山口大学准教授への聞き取り結果を表 1.1.2-6 に示す。

表 1.1.2-6 赤松良久山口大学准教授への聞き取り概要

実施日	平成 29 年 2 月 4 日
実施場所	JV 社屋会議室
参加者	事業 JV：庄島、宮良
結果概要	<p>【事業 JV 構成員からの提案】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>小水路の復元に関して、全区間（440m）を対象とすることは、周辺のヒルギ類に対して影響が大きいことから、復元対象延長を縮減することも検討したい。</li> </ul> <p>【赤松氏の応答】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>まず、マングローブ内小水路の維持に関しては、<u>2 種類の水理力が働くことを認識すべきである</u>（図 1.1.2-13 自然の営力による浸食作用と小水路の復元イメージ）。</li> <li>このうち、毎日発生する<u>潮汐による河床浸食が</u>一番重要であり、次に<u>洪水流の力</u>である。</li> <li>後者については、<u>現状で水路痕跡が残っていることから、水路入口を開ければ十分水路内に洪水が進入して河床浸食が発生するもの</u>と考える。</li> <li>前者については、<u>全ての堆積土砂を掘削除去できなくとも上流側でも勾配をつけておけば、上流側でも潮汐による浸食が発生し、自然の営力による河床低下が発生する可能性</u>がある。</li> </ul>

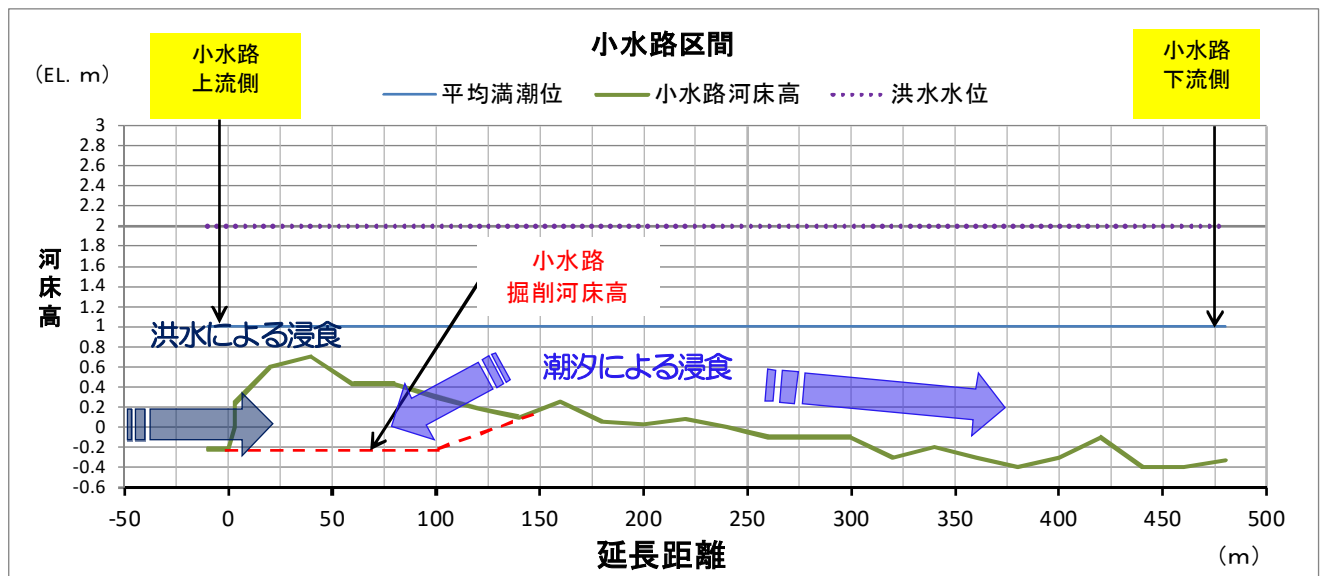


図 1.1.2-13 自然の営力による浸食作用と小水路の復元イメージ



## 2) 新城和治元琉球大学教授への聞き取り

新城和治元琉球大学教授への聞き取り結果を表 1.1.2-7～表 1.1.2-8 に示す。なお、表 1.1.2-7 及び表 1.1.2-8 の聞き取り結果については、「平成 28 年度外来種の分布調査及び撤去手法調査検討業務」（東村教育委員会）において聞き取り調査の際、小水路についても確認した結果である。

表 1.1.2-7 新城和治元琉球大学教授への聞き取り概要（1）

実施日	平成 28 年 7 月 6 日
実施場所 参加者	会議：慶次区公民館、現地ヒルギ林内小水路付近 沖縄県環境再生課：川崎主任技師 東村教育委員会：渡久山氏、東村建設環境課：金城氏、小林氏 事業 JV：庄島、宮良
結果概要	<p>1) 小水路入口付近の処理</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水路を復元するのであれば堆積土砂を固定しているモクマオウの根も撤去すべきである。</li> <li>小水路入口付近に生育するオヒルギは根が土砂によって埋まってしまって呼吸困難な状況にあることから、救うためには堆積土砂を切り下げる必要がある。このための手法を検討する必要がある。水流で土砂を洗い流す手法やオヒルギ自体を仮移設し、土砂を撤去後、元にもどす手法もある。</li> </ul> <p>2) モクマオウが生育し固定化している堆砂マウンドの処理</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>陸化した堆砂マウンドの土砂を除去すべき。モクマオウが繁殖している若い樹木がたくさんあり、かなり陸化が進んでいる。最後にアダンなどが進入するともう陸化が完成してしまう。</li> <li><u>シマシラキの根が深い。シマシラキが土砂を捕捉し堆砂する主要因と考える。</u></li> <li>まず、<u>シマシラキが生育し土砂を補足し堆積し、その後モクマオウが侵入したもの</u>と考えられる。</li> </ul> <p>3) 小水路内の復元手法</p> <p><b>【事業 JV 構成員からの提案】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>初めは小規模に掘りながら、洪水流や潮汐流による浸食量を確認しながら小水路の復元を進めていきたい。小水路への流水の流入を促せば、自然の力（浸食作用）で小水路の流水状況が改善され維持されると考える。</li> <li>小水路の流水状況が改善され維持されると潮の満ち引きによる土砂浸食でヒルギ林内が改善されていくと考える。</li> </ul> <p><b>【新城氏の応答】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>それでいいと思う。まずは再生（小水路の水が通るようにする）という視点で行って<u>いく考え方が必要</u>と考える。</li> <li>それができる手法工法（水流で土砂を洗い流す手法等）があればいい。あとは<u>順応的管理</u>をしてほしい。</li> <li>まずは、このマングローブ全体をどうしていくのが重要で、水路内や周辺にあるメヒルギへの影響は、仕方ないものと考ええる。</li> </ul>

資料：「平成 28 年度外来種の分布調査及び撤去手法調査検討業務」（東村教育委員会）

表 1.1.2-8 新城和治元琉球大学教授への聞き取り概要（2）

実施日	平成 28 年 9 月 16 日
実施場所	現地：ヒルギ林内小水路付近
参加者	文化庁：田中文化財調査官，沖縄県文化財課；浜川指導主事 沖縄県環境再生課：吉田班長，川崎主任技師 東村教育委員会：渡久山氏，東村建設環境課：金城氏 事業 JV：庄島、宮良
結果概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ヒルギ林小水路入口付近にあるモクマオウが生育固定する堆砂マウンドの<u>シマシラキ</u>は堆砂及び固定化の主要因なので駆除すべきである。</li> <li>・同じ場所の上流側にイボタクサキが見られたが、バックマングローブに特有の植物であり陸化していることを示す。</li> <li>・ヒルギ林内では、オキナワアナジャコの塚の密度が高く、それにより、<u>オヒルギの呼吸根が埋まり、オヒルギが弱っているように見える。</u>オヒルギの立ち枯れが目立つが、これも呼吸根が埋まったためかもしれない。</li> <li>・ヒルギ林内は薄暗い林内であるが、小水路の左岸側に太陽光が差し込み、ヒルギがない開けたところがあった。土砂が堆積しアナジャコの塚の跡があった。ここに<u>イボタクサキが生育し始めると、この場所も確実に陸化が進むもの</u>と考えられる。</li> <li>・小水路へ合流する横流入・分派水路（クリーク）の再生についても検討すべきである。          ⇒<u>小水路河床高を下げることで、分派水流の流速も上がり自然に再生される可能性</u>があることを説明し、納得いただいた。</li> </ul>

資料：「平成 28 年度外来種の分布調査及び撤去手法調査検討業務」（東村教育委員会）

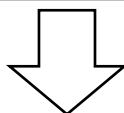
#### (4) 再生手法の検討

##### 1) 問題点・課題の整理

慶佐次川ヒルギ林内生態系の変化とその要因等の整理結果から、以下に示す河道内における土砂堆積の進行状況とその要因が示された (表 1.1.2-9)。

表 1.1.2-9 土砂堆積の進行状況とその要因

- 赤土等の上流からの流出が激しく、河口へ流下しているが、その途中のヒルギ林内で赤土等がかなりの量トラップされていることが考えられる。
- 河口への海砂侵入や河口の狭小化によって上流域から流入する多大な土砂の排出が難しくなっていると考えられる。
- ヒルギ林内土砂の堆積速度は、おおよそ 100 年間で 1.7cm/年 (国場川と同程度) となっているが、近年では、4 年間では 10~20cm (2.5~5 cm/年) と堆積速度が上昇している。
- 土砂堆積によりヒルギ林の上流側から陸上植物の遷移が進行しており、上流側から順次ヒルギ林内の生態系が陸上の生態系へと変化している可能性がある。



ー河道内における土砂堆積の進行に伴い今後おこりえる変化ー

- ヒルギ林内への海砂や土砂の流入、堆積
- 陸生植物の侵入、樹林化：湿地環境の消失  
→ 河床が固定化され浸食が進まなくなり、土砂補足の促進につながる。
- 土砂堆積による底生動物群集の変化：湿地環境の変貌  
→ アナジャコの塚形成による土砂補足の促進

今後、慶佐次川のヒルギ林内生態系の再生を図るには湿地環境の再生が必要で、そのためには赤土流出源を減らして土砂堆積を抑制して陸化速度を低減し、ヒルギ林内の土砂浸食を促進して海域側への排砂をスムーズにすることが課題である (表 1.1.2-10)。

表 1.1.2-10 土砂堆積の進行状況にともなう課題抽出

- 河川への多大な土砂流入の防止  
土砂の全流出量の 99%が耕作地から出ている。主原因である農地からの流出を防止する必要がある。そこで営農対策が重要となる。
- 河口域における海砂の流入の抑制・上流側からの土砂排砂の促進  
河川全体の土砂の排出を促進するためには、河口対策が重要となる。
- ヒルギ林内での土砂排砂・土砂浸食の促進  
ヒルギ林内に堆積する土砂の浸食や流下機能を向上させ、ヒルギ林内の陸化を防止し、生態系の再生を図る。

## 2) 陸化抑制対策

慶佐次川ヒルギ林内の陸化を抑制するための対策として、表 1.1.2-11 に示す対策が考えられる。慶佐次川では、河口問題によって河道内に土砂が留まる傾向が考えられていることから、対策として、下流の流速を増幅させて排砂を促進させる導流堤整備が検討される。

慶佐次川ヒルギ林内生態系の再生においては、流域からの土砂流出抑制の対策と導流堤整備が中長期的な対策として位置付けられ、ヒルギ林内の堆積土砂の浸食促進対策は、短期的な対策として位置付ける。

表 1.1.2-11 慶佐次川ヒルギ林における陸化抑制対策および手法の検討

対策	手法内容	備考
①流域からの過剰な土砂流入の防止	○営農的対策（農家ができる対策） ・減耕起植付 ・植付前の緑肥栽培 ・堆肥の筋撒き（植溝に堆肥散布しながら踏圧） ・グリーンベルト、マルチング ・畦畔設置 ・暗渠+心土破碎、排水ピットへ浄水ケーキ充填	農家による対策が主体
	○営農指導・普及啓発 ・行政や環境コーディネーターの助言・指導 ・赤土等流出防止対策の普及啓発	
	○土木的対策 ・農地の勾配修正 ・沈砂池設置	行政による対策が主体 土木施設の設定
	○管理 ・裸地、休耕地、農道等の緑化・植樹	行政による対策が主体
	○地域参加の環境保全活動 ・市民グリーンベルト植栽活動	市民参加
②河川内に留まる傾向のある土砂の排出促進	○河口対策（土砂排出促進施設の整備） ・導流堤整備等 ※導流堤の効果のイメージを図 1.1.2-14 に示す。	行政による対策が主体 土木施設の設定
③ヒルギ林内の堆積土砂の浸食促進、陸化防止策	○ヒルギ林内小水路の復元 ・小水路掘削	行政による対策が主体
	○陸化した河床の撤去・防止 ・ヒルギ類の間引き ・外来植物の除去（モクマオウなどの除去）	行政による対策が主体

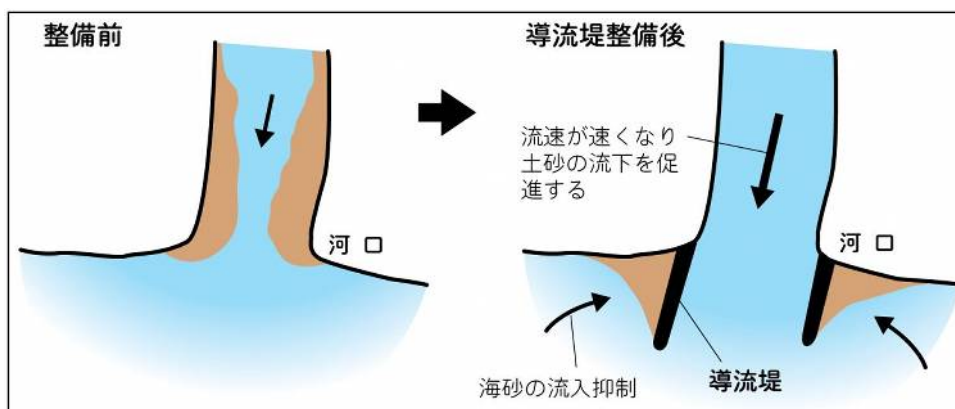


図 1.1.2-14 導流堤の効果

### 3) 本モデル事業で行う陸化抑制対策の手法の検討

慶佐次川ヒルギ林における陸化抑制対策および手法の検討を受けて、本モデル事業で実施する陸化抑制対策手法の検討を行った（表 1.1.2-12）。

以上の検討結果より、「ヒルギ林内の堆積土砂の浸食促進」について、工法・施工方法を検討していく。

なお、「流域からの過剰な土砂流入の防止」は普及啓発向けの基礎資料を作成し、「河川内に留まる傾向のある土砂の排出促進」は中長期的な観点から、導流堤整備の方向性について整理する。

表 1.1.2-12 本モデル事業で実施する陸化抑制対策手法の対応方針

対策	手法	実施主体	実施スパン	取組の方向性	本モデル事業での対応方針
流域からの過剰な土砂流入の防止	○営農的対策 ○営農指導・普及啓発	農家	長期的	長期的な取り組みが必要である。農家の自主的な行動による対策がメインであるため、農家当事者の自覚を促すことが必要である。今後、農家を含め関係者への啓発活動が重要となる。	関係者への対策の実施を促すため、土砂堆積実態や影響について整理し普及啓発の資料とする。
	○土木的対策 ○管理	行政			
	○地域参加の環境保全活動	地域			
河川内に留まる傾向のある土砂の排出促進	○土砂排出促進施設の整備（導流堤整備等）	行政	中長期的	場所が東村の漁港区域内にあり、土木構造物の建設がメインとなるので補助金を活用した事業となり実施主体は東村となる。 したがって、 <u>本モデル事業では、対策実施に向けた取組の方向性の整理に留める。</u>	中長期的な観点から、今後を見据え、対策実施に向けた取組の方向性について整理する。
ヒルギ林内の堆積土砂の浸食促進	○ヒルギ林内小水路の復元（小水路掘削）	行政	短期的	<u>短期的に取り組むことができ、効果を検証することができる。本モデル事業の実施期間から考えると実施可能な対策である。また、上記の工事費が高価な対策に比べ人為的に可能で、比較的安価であり、本モデル事業でも対策が実施可能である。したがって、本モデル事業では、小水路掘削によるヒルギ林内小水路の復元を、当面のヒルギ林内再生の取り組みとする。</u>	本モデル事業での実施を検討する。
	○陸化した河床の撤去・防（外来種駆除）	行政	短期的	東村の事業として実施中である。本モデル事業の実施対象外であるが、本モデル事業との連携を行う。 ※天然記念物であるためヒルギ類の間引きはできない。	

#### 4) 本モデル事業で行う陸化抑制対策の手法の整理

##### ①. 河川への多大な土砂流入の抑制手法

本節の「(1) 慶佐次川ヒルギ林内生態系の変化とその要因」で示した事項を整理して土砂堆積実態や影響についてとりまとめた普及啓発の資料とする。なお、整理資料結果は資料編に示した。

##### ②. 河川内に留まる傾向のある土砂の排出促進手法

慶佐次川のヒルギ林では、河口付近の形状変化によって河川内へ海砂が侵入し、上流域から流入する多大な土砂の排出が難しくなっており、土砂排出促進施設の整備などの河口対策が望まれる。

「平成 27 年度沖縄県自然環境再生モデル事業報告」において、河口対策の検討を行っており (p. 334～p. 338)、河口域において、導流堤備、人工リーフ又は離岸堤整備、河口前面洗掘実施が挙げられた。そのうち人工リーフ又は離岸堤はその背後に土砂が堆積する可能性が考えられ、河口前面洗掘では定期的な洗掘が発生するなど、維持管理への負担が導流堤に比べはるかに大きくなると考えられることから、土砂の排出促進手法として導流堤の整備が望ましいと考える。

導流堤整備イメージを図 1.1.2-15 に示すが、導流堤で期待される機能として以下の点あげられる。

- 波浪の進入抑制 → 海砂の河道内への押込みの軽減
- 洪水時のフラッシュ効果の向上 → 河口に堆積する土砂を海域への排出促進



図 1.1.2-15 導流堤の整備イメージ図

本節の「(1) 慶佐次川ヒルギ林内生態系の変化とその要因」で示した土砂堆積実態や影響及び河口域の土砂排出状況について整理し、上記の土砂の排出促進手法の検討結果を加えて取組の方向性を整理する。なお、整理結果は資料編に示した。

### ③. ヒルギ林内の土砂浸食の促進手法（ヒルギ林内小水路の復元（小水路掘削））

ヒルギ林内の小水路（チャンネル）やそこから派生する分派流（クリーク）は、上げ潮時において、新鮮な海水の侵入による酸素等の供給と堆積物の巻き上げによる栄養塩類の拡散をヒルギ林内にもたらしめている。一方、下げ潮時において不要物の排出や堆積土砂の浸食を促しており、ヒルギ林内水路の潮汐力<sup>\*</sup>による周期的な流水変化がヒルギ林の維持のために重要な役割を果たしているとされている<sup>1)</sup>。

ヒルギ林では、1日2回発生する上げ潮流、下げ潮流によって堆砂が抑制され維持されるとされており、特に下げ潮時の流速は、上げ潮時の流速を卓越し大きな浸食作用を発生させることがわかっている（表 1.1.2-13）。

表 1.1.2-13 マングローブクリークにおける潮汐流速の非対称性

	最大流速 (m/s)		swamp面積 とcreek面積 の比	出典
	上げ潮	下げ潮		
Hinchinbrook Channel (Australia)	0.5	0.9	2.1	Wolanski <i>et al.</i> (1990)
Tuff Crater (New Zealand)	0.4	0.6	44.0	Woodroffe (1985a)
Klong Ngao (Thailand)	0.4	0.8	2.7	Wattayakorn <i>et al.</i> (1990)
Ross Creek (Australia)	0.4	0.8	-	Larcombe and Ridd (1992)
Dickson Inlet (Australia)	0.7	0.8	6.2	Wolanski and Mazda (1989)
Chwaka Bay (Zanzibar)	0.3	0.5	..	Wolanski (1989)
Coral Creek (Australia)	1.2	1.6	5.5	Wolanski <i>et al.</i> (1980)
Wenlock River (Australia)	1.0	2.0	-	Wolanski and Ridd (1986)
Merbok Estuary (Malaysia)	1.0	1.5	2.5	中社 (1994)
Gordon Creek (Australia)	0.6	1.0	-	Larcombe and Ridd (1995)
Coral Creek (Australia)	0.6	0.8	5.5	Aucan and Ridd (2000)

引用：松田 義弘：マングローブ環境物理学（2011），東海大学出版会。

これらの作用を利用してヒルギ林内の堆積土砂浸食を促進させることが重要と考えた。そこでヒルギ林内における土砂の浸食・流下の機能を向上させるため、今回、掘削により小水路の河床高を下げ、水路河岸帯の浸食を促し、潮汐力<sup>\*</sup>による分派流の流速を上げる対策を行う（図 1.1.2-16 分派流の流速向上による林床への土砂堆積抑制のイメージ）。

このような考え方に基づいてヒルギ林における土砂堆積の抑制を図り、モニタリングを通して人為的に下げた水路内河床高の維持管理を行う。

しかしながら、水路内から排出された土砂が慶佐次川本川を通過して、河口から速やかに排砂されること、流域からの土砂流入を抑制することなどの課題は残されている。

1)松田 義弘：マングローブ環境物理学（2011），東海大学出版会。

※潮汐力(ちょうせきりよく)：潮の干満により生じる水の流れ。

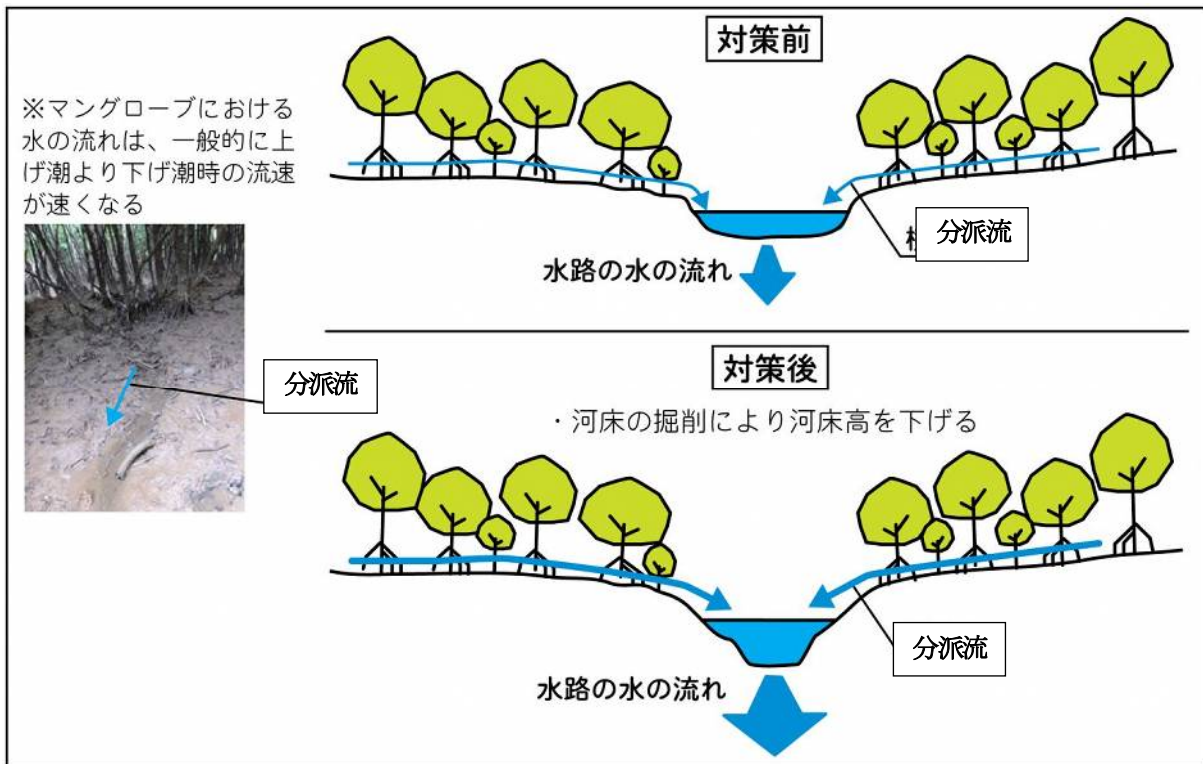


図 1.1.2-16 分派流の流速向上による林床への土砂堆積抑制のイメージ

図 1.1.2-17 に示す小水路内の堆積土砂を、小水路上流側から 100m 地点までは標高-0.2m で掘削し、その後の 150m 地点までは 1/125 上り勾配で掘削する。

人為的に掘削する範囲は本区間のみで、掘削後は図に示すとおり、上下流に緩い勾配のついた河床の状態となり、その後は潮汐による浸食を期待する。

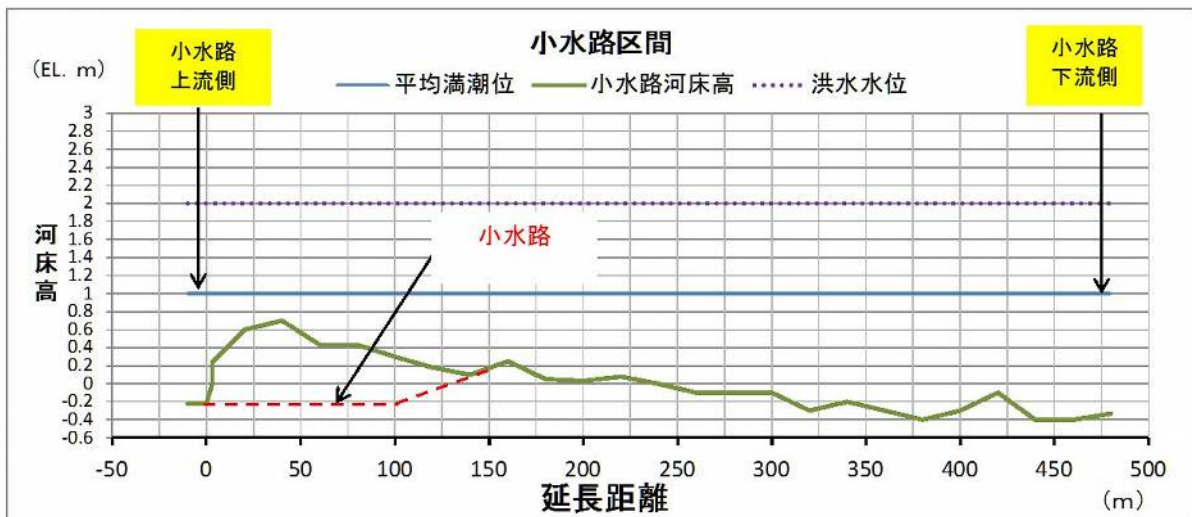


図 1.1.2-17 小水路掘削断面図



掘削前の小水路について、写真 1.1.2-2～写真 1.1.2-4 に示す。



写真 1.1.2-2 小水路への分流地点と入口の状況



写真 1.1.2-3 小水路 20m 地点付近の状況



写真 1.1.2-4 小水路 130m 地点付近の状況