

	
<p>豆腐沟 1 中流部のがりー浸食状況</p>	<p>豆腐沟 2 下流部の河川敷（土地利用されていない）</p>
	
<p>豆腐沟 3 北支沟の砂防えん堤計画位置周辺の状況 （現在、土地は利用されていない。）</p>	<p>豆腐沟 4 豆腐沟下流は、常に土砂災害の危険性に曝されている。</p>
	
<p>乌龙河 1 乌龙河兩岸は、水田として利用され、东川区の重要な食料供給基地として位置づけられる。</p>	<p>乌龙河 2 李家湾近傍。砂防えん堤と流路工建設の後に移転してきた農家の一人。</p>



乌龙河 3
 薛家沟流路工。老龙箐に砂防えん堤を建設してこの薛家沟に分流している。



乌龙河 4
 乌龙河流域中流部の盆地では、土石流対策を実施して農地開発が急速に進められている。



东川市街地流域
 深沟の流路工



东川市街地流域
 深沟の流路工は、市街地中心部では暗渠となっている（直径約 10m）。



东川市街区流域 3
 石羊沟の現状。既設の流路工はあるが、改修が必要である。



东川市街区流域 4
 石羊沟 1 号えん堤



桃家小河 1

上流の駕車郷の棚畑ではトウモロコシが栽培されていた。

桃家小河 2

駕車郷の山でも退耕還林や棚畑化が進められているが、未だに土砂流流失が激しい。



桃家小河 3

下流部の河川敷は、一部堤防が築かれ、農業が営まれている。

桃家小河 4

桃家小河の最下流部の大白河合流点付近



林業関係のワークショップ
会津県駕車郷におけるワークショップ

防災関係のワークショップ
会津県駕車郷の住民とのワークショップ



銅都鎮岩脚村梁子上へ計測機器の設置 1
地すべり計測用簡易伸縮計



銅都鎮岩脚村梁子上へ計測機器の設置 2
簡易雨量計



銅都鎮岩脚村梁子上へ計測機器の設置 3
住民へ計測の原理、方法を説明



合同セミナー（2005年5月23～27日）
中国水利人材養成プロジェクトと合同セミナーを開催（2005年5月22～26日）。



最終報告書案の説明会（2005年12月2日）
东川区関係機関に最終報告書案を説明
（2005年12月2日）



住民公聴会（2005年12月9日）
銅都鎮の住民を対象にした公聴会。熱心に聞き
入る住民には女性も多く含まれていた。

主報告書 フィージビリティ調査編

目次

最終報告書の構成

調査対象位置図

優先小流域緊急プロジェクト概要図

写真

頁

第1章	はじめに	1-1
1.1	緊急プロジェクト.....	1-1
1.2	優先小流域の特徴.....	1-1
1.3	フィージビリティ調査.....	1-2
第2章	基礎調査・解析	2-1
2.1	小組に関するアンケート調査.....	2-1
2.1.1	社会経済.....	2-1
2.1.2	防災関連.....	2-2
2.1.3	林業関連.....	2-3
2.2	ワークショップの実施.....	2-5
2.2.1	防災関連ワークショップ.....	2-5
2.2.2	林業関連ワークショップ.....	2-7
2.3	ハザードマップの作成.....	2-8
2.3.1	土石流氾濫解析による土石流災害危険区域の推定.....	2-9
2.3.2	地すべり災害警戒区域.....	2-10
2.3.3	急傾斜地災害警戒区域.....	2-12
2.3.4	ハザードマップ技術交流会の開催.....	2-13
2.4	群測群防のための簡易観測計器の設置.....	2-14
2.5	環境影響評価の位置づけ.....	2-14
第3章	優先小流域緊急プロジェクトの基本方針	3-1
3.1	緊急プロジェクトの構成.....	3-1
3.2	土石流対策.....	3-1
3.2.1	土石流対策溪流と計画規模.....	3-1
3.2.2	対策施設.....	3-3
3.2.3	概算事業費算定方法.....	3-9
3.2.4	便益算定.....	3-10
3.3	水系砂防対策.....	3-13
3.3.1	適用される対策.....	3-13
3.3.2	対策の検討手順および数量算定条件設定.....	3-14

3.3.3	計画策定	3-22
3.4	非施設対策	3-23
3.4.1	ハザードマップの作成・活用	3-23
3.4.2	群測群防(警戒避難体制)の強化	3-27
第4章	豆腐沟流域土砂災害対策および自然環境修復プロジェクト	4-1
4.1	豆腐沟流域の現状	4-1
4.1.1	社会経済	4-1
4.1.2	地形・地質・土壌	4-2
4.1.3	気象・水文	4-3
4.1.4	土地利用	4-3
4.1.5	災害状況	4-5
4.1.6	自然環境	4-6
4.2	土石流対策の検討	4-7
4.2.1	現状の課題と計画基準点の設定	4-7
4.2.2	代替案の検討	4-8
4.2.3	最適案の選定	4-8
4.2.4	最適案の施設概略設計	4-9
4.3	水系砂防対策の検討	4-10
4.3.1	流域の特性および現状の課題	4-10
4.3.2	基本条件の設定	4-12
4.3.3	計画策定	4-14
4.4	非施設対策の検討	4-17
4.4.1	本流域の災害特性と非施設対策	4-17
4.4.2	ハザードマップの活用	4-17
4.4.3	群測群防の強化	4-18
第5章	乌龙河流域土砂災害対策および自然環境修復プロジェクト	5-1
5.1	乌龙河流域の現状	5-1
5.1.1	社会経済	5-1
5.1.2	地形・地質・土壌	5-2
5.1.3	気象・水文	5-3
5.1.4	土地利用	5-3
5.1.5	災害状況	5-5
5.1.6	自然環境	5-6
5.2	土石流対策の検討	5-7
5.2.1	現状の課題と計画基準点の設定	5-7
5.2.2	代替案の検討	5-8
5.2.3	最適案の選定	5-10
5.2.4	最適案の施設概略設計	5-11
5.3	水系砂防対策の検討	5-11
5.3.1	流域の特性および現状の課題	5-11

5.3.2	基本条件の設定	5-12
5.3.3	計画策定	5-14
5.4	非施設対策の検討	5-17
5.4.1	本流域の災害特性と非施設対策	5-17
5.4.2	ハザードマップの活用	5-18
5.4.3	群測群防の強化	5-18
第6章	東川市街地流域土砂災害対策および自然環境修復プロジェクト	6-1
6.1	東川市街地流域の現状	6-1
6.1.1	社会経済	6-1
6.1.2	地形・地質・土質	6-2
6.1.3	気象・水文	6-4
6.1.4	土地利用	6-5
6.1.5	災害状況	6-6
6.1.6	自然環境	6-7
6.2	構造物対策の検討	6-8
6.2.1	現状の課題と計画基準点の設定	6-8
6.2.2	代替案の検討	6-10
6.2.3	最適案の選定	6-12
6.2.4	最適案の施設概略設計	6-13
6.3	水系砂防対策の検討	6-14
6.3.1	流域の特性および現状の課題	6-14
6.3.2	基本条件の設定	6-15
6.3.3	計画策定	6-17
6.4	非施設対策	6-20
6.4.1	本流域の災害特性と非施設対策	6-20
6.4.2	ハザードマップの活用	6-20
6.4.3	群測群防の強化	6-20
第7章	桃家小河流域土砂災害対策および自然環境修復プロジェクト	7-1
7.1	桃家小河流域の現状	7-1
7.1.1	社会経済	7-1
7.1.2	地形・地質・土壌	7-2
7.1.3	気象・水文	7-3
7.1.4	土地利用	7-3
7.1.5	災害状況	7-5
7.1.6	自然環境	7-6
7.2	土石流対策の検討	7-7
7.2.1	現状の課題と計画基準点の設定	7-7
7.2.2	代替案の検討	7-8
7.2.3	最適案の選定	7-9
7.2.4	最適案の施設概略設計	7-10

7.3	水系砂防対策の検討	7-10
7.3.1	流域の特性および現状の課題	7-10
7.3.2	基本条件の設定	7-12
7.3.3	計画策定	7-14
7.4	非施設対策の検討	7-17
7.4.1	本流域の災害特性と非施設対策	7-17
7.4.2	ハザードマップの活用	7-17
7.4.3	群測群防の強化	7-17
第8章	予警報システムプロジェクトの検討	8-1
8.1	緊急予警報システムプロジェクトの内容	8-1
8.1.1	予警報システムの現状	8-1
8.1.2	緊急予警報システムプロジェクトの内容	8-1
8.2	サブシステムの仕様検討	8-3
8.2.1	システム仕様検討方針	8-3
8.2.2	情報収集サブシステムの検討	8-3
8.2.3	情報処理サブシステムの検討	8-8
8.2.4	情報伝達サブシステムの検討	8-9
8.3	トータルシステムの検討	8-11
8.3.1	機材の組み合わせによるシステム検討	8-11
8.3.2	緊急予警報システム	8-13
8.4	システムの運用・維持管理	8-14
8.4.1	防災情報センターの業務	8-14
8.4.2	防災情報センターの体制	8-14
8.4.3	群測群防との関係	8-15
8.4.4	システムの保守・点検	8-15
第9章	小江工程管理局設立プロジェクト	9-1
9.1	はじめに	9-1
9.1.1	基本計画の概要	9-1
9.1.2	新組織の必要性	9-2
9.2	新組織の基本方針	9-2
9.2.1	項目法人制	9-2
9.2.2	完成後の運用管理も行う半恒久的組織	9-4
9.2.3	必要最小限の機能をもつ小さな組織	9-5
9.2.4	職員の種類	9-6
9.2.5	組織の行政レベル・級、既存組織との関係	9-7
9.2.6	組織設立のプロセス	9-9
9.2.7	組織の業務内容	9-9
9.3	工程管理局の組織構成・規模	9-10
9.3.1	職員数の検討	9-11
9.3.2	事務管理経費	9-12

9.4	財務計画の検討	9-12
9.4.1	収入の可能性のある事業	9-12
9.4.2	工程管理局の運営維持管理費用	9-14
9.4.3	収益と費用の比較	9-14
第10章	プロジェクト実施計画の作成	10-1
10.1	副産物利用計画	10-1
10.1.1	農地開発	10-1
10.1.2	造林による副産物	10-1
10.2	事業実施工程計画	10-2
10.3	運営管理計画・人材育成計画	10-3
10.3.1	運営管理計画	10-3
10.3.2	人材育成計画	10-3
10.4	概算事業費	10-4
10.5	事業実施計画	10-4
10.5.1	実施体制	10-4
10.5.2	資金調達	10-4
第11章	プロジェクト評価	11-1
11.1	経済評価	11-1
11.1.1	緊急プロジェクトの便益	11-1
11.1.2	流域・対策別の経済評価	11-1
11.1.3	緊急プロジェクト全体の経済評価	11-2
11.2	財務能力評価(償還能力検討)	11-4
11.3	技術評価	11-5
11.4	環境/社会配慮	11-7
11.4.1	総合評価	11-7
11.4.2	豆腐沟流域緊急プロジェクトの環境評価	11-11
11.4.3	乌龙河流域緊急プロジェクトの環境評価	11-12
11.4.4	东川市街地流域緊急プロジェクトの環境評価	11-14
11.4.5	桃家小河流域緊急プロジェクトの環境評価	11-15
11.4.6	洪水予警報システムプロジェクト	11-17
11.4.7	環境管理計画	11-17
11.4.8	モニタリング計画	11-22
第12章	結論および提言	12-1
12.1	結論	12-1
12.2	提言	12-1

巻末付表

巻末付図

表一覧

表R 1.1.1	2010年まで完成予定の緊急プロジェクト案.....	1-1
表R 1.2.1	優先小流域の概要.....	1-2
表R 2.1.1	アンケート調査対象村民委員会・小組数.....	2-1
表R 2.1.2	アンケート調査結果のまとめ(社会経済).....	2-2
表R 2.1.3	アンケート調査結果のまとめ(防災関連).....	2-3
表R 2.1.4	林業アンケートの調査内容.....	2-3
表R 2.2.1	防災関連ワークショップの実施概要.....	2-5
表R 2.2.2	防災関連ワークショップから得られた知見.....	2-6
表R 2.2.3	林業アンケートの調査内容.....	2-7
表R 2.3.1	日中ハザードマップ技術交流会.....	2-13
表R 2.4.1	簡易観測計器の一覧.....	2-14
表R 3.1.1	優先小流域の緊急プロジェクト.....	3-1
表R 3.2.1	優先小流域の土石流対策検討溪流の基準点.....	3-2
表R 3.2.2	計画で取り扱う土砂量.....	3-2
表R 3.2.3	適用が考えられる構造物対策.....	3-3
表R 3.2.4	重力式コンクリート砂防えん堤の設計荷重の組み合わせ.....	3-6
表R 3.2.5	砂防えん堤水通しの余裕高.....	3-6
表R 3.2.6	流路工の余裕高.....	3-8
表R 3.2.7	導流工の余裕高.....	3-9
表R 3.2.8	东川区における人件費及び主な材料費.....	3-10
表R 3.2.9	工種の工事単価細目.....	3-10
表R 3.2.10	被害算定項目一覧.....	3-11
表R 3.2.11	流域別の農地開発便益.....	3-13
表R 3.3.1	生物的対策の組み合わせ.....	3-13
表R 3.3.2	流域の気象特性.....	3-15
表R 3.3.3	付帯施設設置基準.....	3-17
表R 3.3.4	維持管理費.....	3-17
表R 3.3.5	生産土砂抑制効果.....	3-18
表R 3.3.6	水系砂防便益項目及び原単位.....	3-19
表R 3.3.7	ガリー侵食防止対策の単価、抑制効果及び便益原単位.....	3-21
表R 3.3.8	棚畑(田)化の単価、抑制効果及び便益原単位.....	3-22

表R 3.3.9	生物的対策計画作成のアウトプット	3-22
表R 3.3.10	構造物対策のアウトプット	3-23
表R 3.4.1	ハザードマップ作成の効果	3-23
表R 3.4.2	2種類のハザードマップの利用方法	3-26
表R 3.4.3	優先小流域別土砂災害重点地区数	3-27
表R 3.4.4	群測群防に関わる問題点と改善策案	3-28
表R 3.4.5	優先小流域別の群測群防強化対象候補地区	3-30
表R 3.4.6	監視員の責務案	3-30
表R 3.4.7	群測群防活動の初期費用(1地区当り)	3-31
表R 3.4.8	群測群防活動の年間運用維持管理費用(1地区当り)	3-31
表R 3.4.9	群測群防強化支援費用	3-32
表R 4.1.1	土壌分析結果	4-3
表R 4.1.2	土地利用面積及び割合	4-4
表R 4.1.3	傾斜農地面積	4-4
表R 4.1.4	標高別傾斜角度別土地利用面積割合(単位:km ²)	4-5
表R 4.1.5	崩壊地面積(単位:1,000m ²)	4-5
表R 4.1.6	土砂災害警戒地区内の家屋数と国土資源局による地質災害予防重点地域	4-6
表R 4.2.1	豆腐沟流域の土石流対策基準点及び計画規模	4-7
表R 4.2.2	豆腐沟流域基準点の計画流出土砂量と土石流ピーク流量	4-8
表R 4.2.3	豆腐沟流域土石流対策代替案比較	4-8
表R 4.2.4	豆腐沟流域土石流対策便益(市場価格)	4-9
表R 4.2.5	土石流対策代替案の経済評価	4-9
表R 4.2.6	豆腐沟基準点1の土石流対策最適案の概要	4-10
表R 4.2.7	豆腐沟基準点2の土石流対策最適案の概要	4-10
表R 4.3.1	ワークショップでのエネルギー利用のアンケート結果	4-11
表R 4.3.2	造林対象面積の選定(単位:km ²)	4-12
表R 4.3.3	付属施設数量	4-14
表R 4.3.4	崩壊地造林工事費	4-15
表R 4.3.5	ガリー侵食対策工事費	4-16
表R 4.3.6	ガリー侵食対策工事費	4-16
表R 4.3.7	棚畑(田)化工事費	4-16
表R 4.3.8	棚畑(田)化便益	4-17

表R 4.4.1	非施設対策と対象とする災害	4-17
表R 5.1.1	土壌分析結果	5-3
表R 5.1.2	土地利用面積	5-4
表R 5.1.3	棚畑(田)化対象面積	5-4
表R 5.1.4	標高別傾斜角度別土地利用面積割合 (単位:1,000m ²)	5-5
表R 5.1.5	崩壊地面積 (単位:1,000m ²)	5-5
表R 5.1.6	土砂災害警戒地区内の家屋数と国土資源局による 地質災害予防重点地域	5-6
表R 5.2.1	乌龙河流域において最近建設された砂防えん堤概要	5-8
表R 5.2.2	乌龙河流域において最近建設された流路工概要	5-8
表R 5.2.3	乌龙河流域の土石流対策基準点と計画規模	5-8
表R 5.2.4	乌龙河流域既設砂防えん堤の土砂捕捉量と整備率	5-8
表R 5.2.5	乌龙河流域基準点の計画流出土砂量と土石流ピーク流量	5-9
表R 5.2.6	乌龙河流域検討対象溪流の巨礫調査結果	5-9
表R 5.2.7	乌龙河流域土石流対策代替案比較	5-10
表R 5.2.8	土石流対策便益(市場価格)	5-10
表R 5.2.9	土石流対策代替案の経済評価	5-11
表R 5.2.10	乌龙河基準点6の土石流対策最適案の概要	5-11
表R 5.3.1	造林対象面積の選定(単位:km ²)	5-13
表R 5.3.2	付帯施設数量	5-14
表R 5.3.3	崩壊地対策工事費(造林+山腹工)	5-15
表R 5.3.4	ガリー侵食対策工事費	5-16
表R 5.3.5	ガリー侵食対策効果及び便益	5-16
表R 5.3.6	棚畑(田)化工事費	5-17
表R 5.3.7	棚畑(田)化による便益	5-17
表R 5.4.1	非施設対策と対象とする災害	5-17
表R 6.1.1	現地土壌分析結果	6-4
表R 6.1.2	気象観測記録(新村観測所)	6-5
表R 6.1.3	土地利用面積	6-5
表R 6.1.4	棚畑(田)化対象面積	6-6
表R 6.1.5	標高別・傾斜角度別土地利用面積(単位: km ²)	6-6
表R 6.1.6	崩壊地面積 (単位: 1,000m ²)	6-6
表R 6.1.7	土砂災害警戒地区内の家屋数と国土資源局による 地質災害予防重点地域	6-7

表R 6.2.1	东川区市街地流域において最近建設された砂防えん堤概要	6-9
表R 6.2.2	东川区市街地流域において最近建設された流路工概要	6-9
表R 6.2.3	东川区市街地流域の土石流対策基準点と計画規模	6-10
表R 6.2.4	东川区市街地流域既設砂防えん堤の土砂捕捉量と整備率	6-10
表R 6.2.5	东川区市街地流域基準点の計画流出土砂量と土石流ピーク流量	6-11
表R 6.2.6	东川区市街地流域検討対象溪流の巨礫調査結果	6-11
表R 6.2.7	东川区市街地流域土石流対策代替案比較	6-11
表R 6.2.8	土石流対策便益(市場価格)	6-12
表R 6.2.9	100年確率土石流で0.1m以上の氾濫を受ける家屋数	6-12
表R 6.2.10	土石流対策代替案の経済評価	6-13
表R 6.2.11	深沟基準点の土石流対策最適案の概要	6-13
表R 6.2.12	石羊沟基準点の土石流対策最適案の概要	6-14
表R 6.3.1	造林対象面積(単位:1000m ²)	6-15
表R 6.3.2	付帯施設数量	6-17
表R 6.3.3	崩壊地の造林+山腹工工事費	6-18
表R 6.3.4	ガリー侵食対策工事費	6-18
表R 6.3.5	ガリー侵食対策効果及び便益	6-19
表R 6.3.6	棚畑(田)化工事費	6-19
表R 6.3.7	棚畑(田)化による便益	6-19
表R 6.4.1	非施設対策と対象とする災害	6-20
表R 7.1.1	土壌分析結果	7-3
表R 7.1.2	土地利用面積割合	7-4
表R 7.1.3	棚畑(田)化対象面積	7-4
表R 7.1.4	標高別傾斜角度別土地利用面積割合(単位:km ²)	7-5
表R 7.1.5	崩壊地面積(単位:1,000m ²)	7-5
表R 7.1.6	土砂災害警戒地区内の家屋数と国土資源局による地質災害予防重点地域	7-6
表R 7.2.1	桃家小河流域において最近建設された砂防えん堤概要	7-7
表R 7.2.2	桃家小河流域の土石流対策計画基準点と計画規模	7-8
表R 7.2.3	桃家小河流域既設砂防えん堤の土砂捕捉量と整備率	7-8
表R 7.2.4	桃家小河流域基準点の計画流出土砂量と土石流ピーク流量	7-8
表R 7.2.5	桃家小河流域土石流対策代替案比較	7-9
表R 7.2.6	土石流対策便益(市場価格)	7-9

表R 7.2.7	土石流対策代替案の経済評価	7-9
表R 7.2.8	桃家小河基準点1の土石流対策最適案の概要	7-10
表R 7.3.1	造林対象面積の選定(単位:km ²)	7-12
表R 7.3.2	付帯施設数量	7-14
表R 7.3.3	崩壊地対策工事費(造林+山腹工)	7-15
表R 7.3.4	ガリー侵食地対策工事費(谷止め工)	7-15
表R 7.3.5	ガリー侵食対策効果及び便益	7-16
表R 7.3.6	棚畑(田)化工事費	7-16
表R 7.3.7	棚畑(田)化便益	7-16
表R 7.4.1	非施設対策と対象とする災害	7-17
表R 8.1.1	基本計画における緊急プロジェクトと長期計画	8-1
表R 8.2.1	雨量観測局リスト	8-3
表R 8.2.2	土石流観測局候補リスト	8-5
表R 8.2.3	監視局演算装置(土石流監視装置)ディスプレイ画面一覧表	8-9
表R 8.2.4	監視局表示端末ディスプレイ画面一覧表	8-9
表R 8.2.5	既設警報放送施設	8-10
表R 8.2.6	土石流警報局リスト	8-10
表R 8.2.7	警報局グループ	8-11
表R 8.3.1	組み合わせ案比較検討表	8-13
表R 8.4.1	防災情報センター職員	8-15
表R 8.4.2	機材の整備概要	8-15
表R 9.1.1	基本計画の概要	9-1
表R 9.2.1	開発事業実施のための専門組織	9-2
表R 9.2.2	一時的組織と半恒久的組織の特徴	9-5
表R 9.2.3	内部業務と外部委託の分類	9-6
表R 9.2.4	職員の種類及び役割	9-7
表R 9.2.5	小江工程管理局の業務内容	9-10
表R 9.3.1	小江工程管理局に必要となる職員数	9-11
表R 9.3.2	事業段階別の事務管理費用	9-12
表R 9.4.1	工程管理局の収入と費用の比較	9-15
表R 10.1.1	水系砂防対策での造林計画	10-2
表R 10.2.1	緊急計画事業実施工程	10-2

表R 10.3.1	小江緊急プロジェクトの人材育成計画	10-3
表R 10.4.1	優先小流域緊急プロジェクト概算工事費集計	10-4
表R 10.4.2	優先小流域緊急プロジェクト概算事業費集計	10-4
表R 10.5.1	会澤県長江上中流水土保持重点防止工程 2005 年予算	10-5
表R 10.5.2	造林と棚畑化に対する住民の労働参加意識.....	10-6
表R 11.1.1	緊急プロジェクトの経済便益	11-1
表R 11.1.2	流域・対策別の経済評価検討結果	11-2
表R 11.1.3	緊急プロジェクト全体の経済評価.....	11-3
表R 11.1.4	費用・便益に悪影響を及ぼす要素.....	11-3
表R 11.1.5	感度分析検討ケースと内部収益率.....	11-3
表R 11.2.1	関係政府の財政状況	11-4
表R 11.4.1	代替案検討一覧表.....	11-10
表R 11.4.2	豆腐沟流域プロジェクト環境マトリックス.....	11-12
表R 11.4.3	乌龙河流域プロジェクト環境マトリックス.....	11-14
表R 11.4.4	东川市街地流域プロジェクト環境マトリックス	11-15
表R 11.4.5	桃家小河流域プロジェクト環境マトリックス	11-16
表R 11.4.6	洪水予警報システムプロジェクト環境マトリックス	11-17
表R 11.4.7	豆腐沟流域プロジェクト環境緩和措置一覧.....	11-18
表R 11.4.8	乌龙河流域プロジェクト環境緩和措置一覧.....	11-19
表R 11.4.9	东川市街地流域プロジェクト環境緩和措置一覧.....	11-20
表R 11.4.10	桃家小河流域プロジェクト環境緩和措置一覧	11-21
表R 11.4.11	洪水予警報システムプロジェクト環境緩和措置一覧	11-21
表R 11.4.12	施工期間の環境緩和措置費用概算.....	11-22
表R 11.4.13	環境モニタリング費用概算.....	11-22

図一覧

図R 2.3.1	土石流氾濫解析モデル構築フロー	2-10
図R 2.3.2	地すべりによる危害のおそれのある土地(警戒地域)の抽出	2-11
図R 2.3.3	明らかに土石等が到達しないと認められる区域	2-11
図R 2.3.4	急傾斜地概念図	2-12
図R 3.2.1	『砂防えん堤+流路工』と『導流工+流入部床固め』	3-4
図R 3.2.2	透過型砂防えん堤上流面の鋼製棧の間隔	3-7
図R 3.4.1	中国でのハザードマップの例	3-24
図R 3.4.2	住民作成のハザードマップの例	3-25
図R 8.2.1	土石流発生雨量判定図の例(各雨量観測所毎に作成する)	8-6
図R 8.3.1	トータルシステムコンセプト	8-14
図R 9.1.1	基本計画実施工程案	9-1
図R 9.2.1	基本計画の実施体制	9-8
図R 9.2.2	新組織設立の手順	9-9
図R 11.2.1	东川区ローン償還スケジュール	11-4

卷末付表一覧

表 2.2.1	ワークショップ議論取りまとめ結果.....	T-2-1
表 3.3.1	造林樹種選定条件.....	T-3-1
表 3.3.2	造林単価表.....	T-3-1
表 3.3.3	造林付帯施設単価.....	T-3-1
表 3.3.4	山腹工の単価	T-3-2
表 4.1.1	土地利用分類内容説明	T-4-1
表 4.2.1	優先小流域土石流対策の砂防えん堤規模検討	T-4-2
表 4.2.2	優先小流域土石流対策の流路工規模検討	T-4-5
表 4.2.3	優先小流域土石流対策の導流工の規模検討	T-4-6
表 4.2.4	優先小流域土石流対策の代替案比較一覧	T-4-7
表 4.2.5	豆腐沟土石流対策被害軽減額の算定.....	T-4-8
表 4.2.6	優先小流域土石流対策の最適案	T-4-9
表 4.3.1	ブロックごと造林樹種及び造林面積(豆腐沟)	T-4-10
表 4.3.2	造林面積及び造林費用(豆腐沟)	T-4-11
表 4.3.3	付帯施設費用	T-4-12
表 4.3.4	草地・半荒草地の造林による便益	T-4-12
表 4.3.5	崩壊地造林樹種及び造林費用	T-4-12
表 4.3.6	崩壊地の造林＋山腹工に対する便益.....	T-4-12
表 4.3.7	計画対象数量及び事業費	T-4-13
表 4.3.8	便益のまとめ	T-4-13
表 4.4.1	豆腐沟流域群測群防強化対象候補地区	T-4-14
表 5.2.1	乌龙河流域土石流対策被害軽減額の算定	T-5-1
表 5.3.1	ブロックごと造林樹種及び造林面積(乌龙河)	T-5-2
表 5.3.2	造林面積及び造林費用(乌龙河)	T-5-3
表 5.3.3	付帯施設費用	T-5-4
表 5.3.4	草地・半荒草地の造林による便益	T-5-4
表 5.3.5	崩壊地造林樹種及び造林＋山腹工費用	T-5-4
表 5.3.6	崩壊地の造林＋山腹工に対する便益.....	T-5-4
表 5.3.7	計画対象数量及び事業費	T-5-5
表 5.3.8	便益のまとめ	T-5-5
表 5.4.1	乌龙河流域群測群防強化対象候補地区	T-5-6

表 6.2.1	东川市街地土石流対策被害軽減額の算定	T-6-1
表 6.3.1	ブロックごと造林樹種及び造林面積(东川市街地流域)	T-6-3
表 6.3.2	造林面積及び造林費用(东川市街地流域)	T-6-4
表 6.3.3	付帯施設費用	T-6-5
表 6.3.4	草地・半荒草地の造林による便益	T-6-5
表 6.3.5	崩壊地造林樹種及び造林+山腹工事業費	T-6-5
表 6.3.6	崩壊地の造林+山腹工に対する便益.....	T-6-5
表 6.3.7	計画対象数量及び事業費	T-6-6
表 6.3.8	便益のまとめ	T-6-6
表 6.4.1	东川市街地流域群測群防強化対象候補地区.....	T-6-7
表 7.2.1	桃家小河土石流対策被害軽減額の算定	T-7-1
表 7.3.1	ブロックごと造林樹種及び造林面積(桃家小河)	T-7-2
表 7.3.2	造林面積及び造林事業費(桃家小河).....	T-7-3
表 7.3.3	付帯施設工事費	T-7-4
表 7.3.4	草地・半荒草地の造林による便益	T-7-4
表 7.3.5	崩壊地造林樹種及び造林+山腹工費用	T-7-4
表 7.3.6	崩壊地の造林に対する便益.....	T-7-4
表 7.3.7	計画対象数量及び事業費	T-7-5
表 7.3.8	便益のまとめ	T-7-5
表 7.4.1	桃家小河流域群測群防強化対象候補地区.....	T-7-6
表 8.2.1	テレメータ用通信回線比較検討表	T-8-1
表 8.3.1	予警報システムの概算事業費	T-8-2
表 8.3.2	維持管理費用	T-8-2
表 10.4.1	優先小流域緊急プロジェクト事業費.....	T-10-1
表 11.1.1	緊急プロジェクトの経済分析キャッシュフロー	T-11-1
表 11.2.1	事業費返済計画	T-11-2

卷末付図一覧

図 2.1.1	林業関係アンケート結果	F-2-1
図 2.2.1	ワークショップ・アンケート調査結果.....	F-2-5
図 3.3.1	山腹工及び石積み工の標準図.....	F-3-1
図 3.3.2	谷止め工標準図及び工事費.....	F-3-2
図 4.1.1	豆腐沟流域概要図.....	F-4-1
図 4.1.2	豆腐沟流域地形分類図	F-4-2
図 4.1.3	豆腐沟流域土壌分析結果	F-4-3
図 4.1.4	豆腐沟流域土地利用図	F-4-4
図 4.1.5	豆腐沟流域広域ハザードマップ.....	F-4-5
図 4.2.1	豆腐沟土石流氾濫図	F-4-6
図 4.2.2	豆腐沟流域土石流構造物対策配置平面図	F-4-7
図 4.2.3	豆腐沟流域土石流構造物対策計画図.....	F-4-8
図 4.3.1	豆腐沟流域小組アンケート結果.....	F-4-9
図 4.3.2	豆腐沟流域ワークショップアンケート結果	F-4-11
図 4.3.3	豆腐沟流域崩壊地及びガリー位置図	F-4-12
図 4.3.4	豆腐沟流域造林対象地域ブロック分け図.....	F-4-13
図 4.3.5	豆腐沟流域棚畑(田)化対象地域位置図	F-4-14
図 5.1.1	乌龙河流域概要図.....	F-5-1
図 5.1.2	乌龙河流域地形分類図	F-5-2
図 5.1.3	乌龙河流域土壌分析結果.....	F-5-3
図 5.1.4	乌龙河流域土地利用図	F-5-4
図 5.1.5	乌龙河流域広域ハザードマップ.....	F-5-5
図 5.2.1	乌龙河流域土石流氾濫図.....	F-5-6
図 5.2.2	乌龙河流域土石流構造物対策配置平面図	F-5-7
図 5.2.3	乌龙河流域土石流構造物対策計画図.....	F-5-8
図 5.3.1	乌龙河流域小組アンケート結果.....	F-5-9
図 5.3.2	乌龙河流域ワークショップアンケート結果	F-5-11
図 5.3.3	乌龙河流域崩壊地及びガリー位置図	F-5-12
図 5.3.4	乌龙河流域造林対象地域ブロック分け図.....	F-5-13
図 5.3.5	乌龙河流域棚畑(田)化対象地域位置図	F-5-14
図 6.1.1	东川市街地流域概要図	F-6-1

図 6.1.2	东川市街地流域地形分類図.....	F-6-2
図 6.1.3	东川市街地流域土壌分析結果	F-6-3
図 6.1.4	东川市街地流域土地利用図.....	F-6-4
図 6.1.5	东川市街地流域広域ハザードマップ	F-6-5
図 6.2.1	东川市街地土石流氾濫図.....	F-6-6
図 6.2.2	东川市街地土石流構造物対策配置平面図	F-6-7
図 6.2.3	东川市街地流域土石流構造物対策計画図	F-6-8
図 6.3.1	东川市街地流域小組アンケート結果	F-6-16
図 6.3.2	东川市街地流域ワークショップアンケート結果.....	F-6-18
図 6.3.3	东川市街地流域概崩壊地及びガリー位置図	F-6-19
図 6.3.4	东川市街地流域概造林対象地域ブロック分け図	F-6-20
図 6.3.5	东川市街地流域概棚畑(田)化対象地域位置図	F-6-21
図 7.1.1	桃家小河流域概要図	F-7-1
図 7.1.2	桃家小河流域地形分類図.....	F-7-2
図 7.1.3	桃家小河流域土壌分析結果.....	F-7-3
図 7.1.4	桃家小河流域土地利用図	F-7-4
図 7.1.5	桃家小河流域広域ハザードマップ	F-7-5
図 7.2.1	桃家小河流域土石流氾濫図.....	F-7-6
図 7.2.2	桃家小河流域土石流構造物対策配置平面図.....	F-7-7
図 7.2.3	桃家小河流域土石流構造物対策計画図	F-7-8
図 7.3.1	桃家小河流域小組アンケート結果	F-7-9
図 7.3.2	桃家小河流域ワークショップアンケート結果	F-7-11
図 7.3.3	桃家小河流域崩壊地及びガリー位置図.....	F-7-12
図 7.3.4	桃家小河流域造林対象地域ブロック分け図.....	F-7-13
図 7.3.5	桃家小河流域棚畑(田)化対象地域位置図	F-7-14
図 8.2.1	小江流域予警報システム観測網.....	F-8-1
図 8.2.2	気象局テレメータ雨量局配置計画図	F-8-2
図 8.2.3	东川市街地土石流予警報システム施設配置図	F-8-3
図 8.3.1	予警報システムダイアグラム.....	F-8-4

第1章 はじめに

1.1 緊急プロジェクト

最終報告書基本計画編では全小江流域 (3,058km²) を対象に土砂災害対策および自然環境修復に関わる基本計画を作成した。さらにその基本計画の中から 2010 年までに完成すべき事業として以下の緊急プロジェクトを選定した。

表 R 1.1.1 2010 年まで完成予定の緊急プロジェクト案

番号	プロジェクト名 (仮称)	対象地域	プロジェクトの想定される内容	備考
1	小江工程管理局 (仮称) の 設立	小江流域全体 (3,058 km ²)	●基本計画の実施、運用のための新組織の設立	
2-1	豆腐沟土砂災害 対策及び 自然環境修復 プロジェクト	豆腐沟流域 (16.2 km ²)	●構造物対策 (導流工 5,600m、傾斜農地の棚 畑化 54ha) ●生物的対策 (造林 464ha、山腹工 59ha) ●非構造物対策 (ハザードマップ作成、群測 群防など)	優先 小流域
2-2	乌龙河土砂災害 対策及び 自然環境修復 プロジェクト	乌龙河流域 (132.9 km ²)	●構造物対策 (砂防えん堤 14 基、流路工 8,100m、導流工 1,100m、傾斜農地の棚畑化 1,223ha) ●生物的対策 (造林 2056ha、山腹工 273ha) ●非構造物対策 (ハザードマップ作成、群測 群防など)	優先 小流域
2-3	东川土砂災害対 策及び 自然環境修復 プロジェクト	深沟、石羊沟流域 (56.0 km ²)	●構造物対策 (砂防えん堤 17 基、流路工 16,600m、傾斜農地の棚畑化 268ha) ●生物的対策 (造林 825ha、山腹工 53ha など) ●非構造物対策 (ハザードマップ作成、群測 群防など)	優先 小流域
2-4	桃家小河土砂災 害対策及び 自然環境修復プ ロジェクト	桃家小河流域 (71.0 km ²)	●構造物対策 (導流工 4,000m、傾斜農地の棚 畑化 522ha) ●生物的対策 (造林 1,317ha、山腹工 125ha) ●非構造物対策 (ハザードマップ作成、群測 群防など)	優先 小流域
3	テレメータ 雨量計を利用し た予警報 システム プロジェクト	小江流域全体 (3,058 km ²)	●雨量テレメータの設置 (8 箇所) ●防災情報センターの設置 (1 基) ●土石流センサーの設置 (东川市街地流域) ●警報局の設置 (东川市街地流域)	

注) 優先小流域の面積は、新たに作成した 1/5,000 数値地形図を基に修正したため、基本計画での数値と若干異なる。

上記 6 プロジェクトのうち、2-1~4 の 4 プロジェクトは優先小流域 (豆腐沟、乌龙河、东川市街地 (深沟、石羊沟)、桃家小河流域) に関わるもので、施設対策および非施設対策を合わせて、土砂災害対策および自然環境修復を図るものである。1. 小江工程管理局 (仮称) の設立は、基本計画の実施・運用管理を行う専任組織を新たに設けようとするものである。3. テレメータ雨量計を利用した予警報システムプロジェクトはテレメータ雨量計を整備し、かつ东川市街地流域で土石流センサーおよび警報局の整備をしようとするものである。

1.2 優先小流域の特徴

緊急プロジェクトの対象となる 4 優先小流域の詳細については第 4 章以降に述べるが、ここでは 4 小流域の特徴を以下のようにまとめる。

1) 豆腐沟流域

最も流域面積の小さな流域であるが、荒廃が深刻な点に特徴がある。豆腐沟本川は典型的な粘性土石流溪流である。小江合流点付近で広大な扇状地を形成しているが、土石流の脅威のため農地として利用されていない。住民集落のほとんどは流域西側の傾斜の緩やかな尾根上に分布しており、东川市街地からも遠く、4 優先小流域の中でも最も貧しい地域となっている。

2) 乌龙河流域

最も大きな流域であるが、比較的穏やかな地形を反映して、比生産土砂量は最も小さくなっている。流域中流部には盆地が形成されており、なだらかな地形を利用して農業が盛んであり、东川区の食料基地となっている。

3) 东川市街地流域（深沟、石羊沟）

东川区の政治経済の中心である东川市街地を抱える都市河川流域である。流域の比生産土砂量は比較的小さいが、流域には 8 本の土石流危険溪流があり、扇状地上に開かれた市街地部に生活する約 6 万人の住民に脅威を与えている。

4) 桃家小河流域

桃家小河流域は上流側（流域面積の 75%）を曲靖市会泽県、下流側（流域面積の 25%）を昆明市东川区が占め、行政的に 2 つの県区に跨る流域である。豆腐沟流域に次いで生産土砂量が大きく、流域の荒廃が進んでいる。集落は流域内に点在しており、人口密度は 4 優先流域中最も小さい。

下表に各優先小流域の諸元をまとめる。

表 R 1.2.1 優先小流域の概要

流域	区県郷鎮	流域面積 (km ²)	流域人口* (人)	主な 土地利用 (面積順)	林地面積率 (%)	比生産土砂量 (tf/km ² /年)	主な災害記録
豆腐沟	东川区 拖布卡鎮	16.2	3,500 (216)	荒山草地、 林地、耕地	33	62,700	土石流、 地すべり
乌龙河	东川区 乌龙鎮、红土地鎮	132.9	24,600 (185)	耕地、林地、 荒山草地	37	7,100	土石流、 地すべり
东川市街地 (深沟、石羊沟)	东川区 銅都鎮	56.0	70,000 (1,250)	荒山草地、 林地、耕地	24	6,000	1964 年土石流、 1997 年芦柴塘 地すべり
桃家小河	会泽県驾车郷 东川区阿旺鎮、 銅都鎮	71.0	7,000 (98)	林地、荒山 草地、 耕地	39	13,700	1957 年土石流
合計		276.1	105,100 (381)		35	11,800	

1.3 フィージビリティ調査

調査団は、基本計画作成に引き続き、2005 年 5 月より上記の緊急プロジェクトのフィージビリティ調査を行ってきた。本主報告書フィージビリティ調査編はこのフィージビリティ調査の結果を纏めたものである。

第2章 基礎調査・解析

2.1 小組に関するアンケート調査

フィージビリティ調査の一環として4優先小流域（豆腐沟、乌龙河、东川市街地（深沟、石羊沟）、桃家小河流域）の社会経済、防災、林業に関する情報を収集するため、現地郷鎮政府、村民委員会の協力を得、優先小流域内の村民委員会に対し、小組に関するアンケート調査を行った。

調査方法としては、郷鎮政府を通じて優先小流域内の村民委員会に所定のアンケート用紙を配布し、流域内の小組に関する対する質問に回答を記入してもらい、また郷鎮政府を通じて用紙を回収するという手続きを取った。調査期間は2005年6～7月の2ヶ月で、計40の村民委員会に対し、計267の小組に関する回答を得た。ただし、东川市街地流域については、市街地中心部の社区(人口にして約4.6万人)は対象に含まれていない。

表 R 2.1.1 アンケート調査対象村民委員会・小組数

優先小流域	豆腐沟			乌龙河			东川市街地 (深沟・石羊沟)			桃家小河			合計
区県	东川区			东川区			东川区			会泽	东川	計	-
郷鎮	播卡郷	拖布卡郷	計	乌龙郷	新田郷	計	碧谷鎮	新村鎮	計	驾车郷	阿旺郷		-
村民委員会数	3	2	5	11	6	17	4	9	13	4	1	5	40
小組数	13	6	19	71	36	107	27	67	94	38	9	47	267

注) 表中の郷鎮は2005年6月の統廃合前のもの。

質問内容は大きく、社会経済、防災および林業に係わる事項に分けられる。この社会経済、防災に関わるアンケート調査の詳細は「付属報告書 I 非施設対策」に、林業に関わるアンケート調査結果の詳細については「付属報告書 H 山腹緑化計画」に記載されている。

2.1.1 社会経済

社会経済に関わる主要項目についてアンケート調査結果を表 R.2.1.2 にまとめた。

アンケート結果によると、調査の対象となった人口（东川市街地中心部の社区は含まれていない）の4優先流域合計の人口は約6万人(1.5万世帯)である。少数民族は全体の約8%で、回族、布依族、彝族が主要な少数民族となっている。

社会資本の中で電気はほぼ全小組に普及しているが、車道が通じていない小組は3割、給水設備の無い小組も2割ある。平均世帯年収は2,000～4,000円で、生計手段として9割が農業に、3割が牧畜に依存し、さらに日雇い、出稼ぎの順となっている。世帯あたりの平均農地面積は3畝以下である。携帯電話の普及は当地域にも及び、すでに3割近い世帯が携帯電話を所有している。テレビの普及率は60%を超えている。

また人口と同程度の家畜を飼育しており、中でも豚、山羊が主要な家畜となっている。煮炊き・暖房のエネルギー源としては依然として薪が第一位であるが、バイオガスも20%を占めている。

东川市街地流域は、市街地中心部の社区が含まれていないにも関わらず、高い人口密度、社会資本・家財の充実、薪への依存の小さいエネルギー面など、一般的な山地農村地域である他の流域と較べて、より都市化の様相を示している。

表 R 2.1.2 アンケート調査結果のまとめ(社会経済)

項目	豆腐沟	乌龙河	东川市街地 (深沟、石羊沟)	桃家小河	合計	
流域面積 (km ²)	16.2	132.9	56.0	71.0	276.1	
調査対象小組数* ¹	19	107	94	47	267	
人口・民族	人口	3,505	24,550	23,757	6,977	58,789
	人口密度(人/km ²)	216	185	424	98	213
	世帯数	874	6,235	6,525	1,763	15,397
	1世帯あたりの人口(人/世帯)	4.0	3.9	3.6	4.0	3.8
	少数民族の割合(%)	1.4	6.6	10.9	5.7	7.9
主な少数民族	布依(1.3%) 彝(0.1%)	回(5.9%) 彝(0.8%) 苗(0.05%) 白(0.02%) 哈尼(0.02%)	回(4.5%) 布依(2.9%) 彝(1.7%) 苗(0.83%) 蒙古(0.02%) 白(0.02%) 土家(0.004%)	彝(4.6%) 布依(1.0%) 回(0.04%)	回(4.5%) 布依(1.5%) 彝(1.3%) 苗(0.34%) 白(0.02%) 蒙古(0.008%) 哈尼(0.008%) 土家(0.002%)	
社会資本整備率(%) ^{*2}	車道	66	59	91	49	69
	電気	100	100	99	98	99
	給水設備	72	68	98	70	79
家計、家屋、家財	平均年収(元/世帯)	2,300	3,800	2,700	3,300	3,200
	平均的家屋の建設費用(元)	19,400	7,500	18,400	9,000	13,000
	家財の価値(元)	9,200	6,600	12,200	3,100	8,700
	携帯電話(DMS、PAS)の世帯普及率(%)	25	14	44	16	28
	テレビの世帯普及率(%)	50	53	75	54	62
	農地面積(畝/世帯)	2.5	3.6	1.7	3.3	2.7
職業(生計手段)(%)	農業	96.8	88.9	83.6	99.2	88.3
	牧畜	0.3	28.6	19.0	85.6	29.5
	日雇い	8.9	15.2	11.5	17.5	13.5
	出稼ぎ	20.1	10.5	4.2	8.3	8.1
	その他		4.3	13.0	1.0	7.4
家畜の頭数	馬、ロバ、ラバ	165	395	369	1,076	2,005
	牛	535	4,456	1,273	2,381	8,645
	山羊	999	6,464	3,316	5,335	16,114
	豚	2,809	21,003	10,216	5,591	39,619
	羊	0	1	442	639	1,082
煮炊き用エネルギー利用率(%)	薪	88	69	29	100	57
	バイオガス	29	11	31	12	21
	石炭	26	11	80	18	42
	電気	36	12	54	15	32
暖房用エネルギー利用率(%)	薪	57	53	8	91	39
	バイオガス	17	3	38	9	19
	石炭	17	2	51	13	25
	電気	0	1	13	7	7

*¹: 東川市街地流域において、市街地中心(社区)は含まれていない。

*²: 整備率=(整備済み村数)/(対象村数)、給水設備では一部整備済みも整備済みとして計上。

2.1.2 防災関連

防災に関わる主要項目についてのアンケート調査結果を表 R. 2.1.3 に示す。

過去30年間の被災を見ると、洪水氾濫が最も多く、267小组の内91小组(34%)が被災経験ありとしている。以下、地すべり75組(28%)、土石流51組(19%)、がけ崩れ20組(7%)の順となっている。

過去10年の対策としては、構造物対策が実施されたという小组が67、また4優先流域合計で造林33,490畝、退耕還林12,290畝、封山育林51,140畝、棚畑化3,160畝が実施されたようである。政府主導による住民移転は271世帯であるが、これに近い227世帯が自主的に移転している。

各小组の実際の群測群防活動に対する評価については、267小组の内105小组(39%)が「機能している」と肯定的なものとなっている。しかし、実際に政府が指導している群測群防は重点地域(優先小流域内で計36箇所)に過ぎないこと、また次節で述べる防災ワークショップで直接住民から受けた印象では活動状況は低調のようであったことから、その評価は過大のように思える。

表 R 2.1.3 アンケート調査結果のまとめ(防災関連)

項目	豆腐沟	乌龙河	东川市街地 (深沟、石羊沟)	桃家小河	合計	
調査対象小組数	19	107	94	47	267	
過去30年間の災害種別被災小組数	土石流	3	22	10	16	51
	地すべり	9	41	7	18	75
	洪水氾濫	1	51	28	11	91
	がけ崩れ	0	14	1	5	20
	その他	0	2	1	0	3
過去30年間の災害による死者数	3	1	8	14	26	
過去10年間の災害による死者数	2	6	8	0	16	
過去10年間の災害・自然環境修復対策	構造物対策(小組数)	2	29	30	6	67
	造林(畝)	5,780	18,250	5,580	3,880	33,490
	退耕還林(畝)	650	5,500	4,060	2,080	12,290
	封山育林(畝)	5,740	31,660	5,670	8,070	51,140
住民移転実績(世帯数)	農地の棚畑化(畝)	0	1,490	1,500	170	3,160
	自主的な移転	7	163	54	3	227
	政府指導の移転	80	119	66	6	271
群測群防活動(小組数)	機能している	8	64	11	22	105
	あまり機能していない	0	10	14	0	24
	ほとんど機能していない	8	8	2	3	21
	必要なし	0	0	1	12	13
	無回答	3	25	66	10	104

2.1.3 林業関連

林業関連のアンケート調査は主に以下の内容についての問い合わせを行った。また同時に棚畑(田)化についてのアンケートも実施した。

表 R 2.1.4 林業アンケートの調査内容

分野	項目	内容
造林	林業全般	植樹樹種、樹種の割合、造林のプロセス、造林の生育状況等
	退耕還林	実施実績、補償状況、生活の変化、補償終了後の見通し
	その他課題など	主な課題、水の手当て、経済林生産物の販売、木材のエネルギー利用等
棚畑(田)化	—	棚畑(田)化面積、資金源、費用、効果等

アンケートの結果を図 2.1.1 に示す。この結果から次のことがいえる。

1) 造林

a) 林業全般

林業全般について次の状況が明らかになった。

- 優先流域での樹種の分布をみると圧倒的に雲南松、崑山松の植樹面積割合が大きく、この2種だけで全体面積の71%を占めている。その他としては新銀合歡、苦刺等が挙げられる。(図 2.1.1(1)参照)
- 生態林・経済林・薪炭林の割合をみるとそれぞれ78%、15%、7%となっている。(図 2.1.1(1)参照)
- 造林の実施、維持管理は基本的に林業局の出先である林業工作站で主に行われており、その他小組、村民委員会が実施しており、わずかながら住民自身が実施している例もみられる。(図 2.1.1(1)参照)
- 造林実施の資金源はほとんど国、地方政府の資金であるが、自力によるという回答も見られる。(図 2.1.1(1)参照)

- 住民の造林への参加形態としてはボランティアで参加しているケースが割りと多く 63%となっている。(図 2.1.1(1)参照)
- 造林実施後の生育状況について、順調・ほぼ順調が 80%近く占めている。生育の悪い理由の一つとして水不足を挙げている。(図 2.1.1(2)参照)

b) 退耕還林

退耕還林に付いての質問に対する答えは以下のようである：

- 退耕還林については 2000 年～2002 年にかけてかなり積極的に実施されたがそれ以降はあまり実施されていない。(図 2.1.1(2)参照)
- この退耕還林で植樹された樹種をみると、ユーカリ、崑山松、雲南松、銀合歡などが主なものであるが、経済林として胡桃、山椒、オレンジなども植樹されている。(図 2.1.1(2)参照)
- 退耕還林実施に伴う補償について、今までのところ補償はきっちり行われており、生活の変化としては楽になったという答えが 76%を占めている。(図 2.1.1(2)参照)
- ただ、補償が終了した後の生活見通しについては、見通しがないと答えたケースが 62%に登っており、補償期間終了後も政府の補償を続けてもらいたいという意見が 60%を占めている。(図 2.1.1(2)参照)

c) その他課題など(図 2.1.1(3)参照)

その他造林に関わる問題などについてのアンケート結果は以下の通りである：

- 造林実施上の課題として雨、樹種、土壌、傾斜角度などいろいろ指摘されており、中でも雨、給水については回答数の 37%が課題に挙げている。
- これに関して造林で水の手当てをしてるかどうかについては 91%がしていないという答えである。
- このしていない理由の主なものは雨が十分(42%)という肯定的な答えであるが、その反面水源が無い、コストが高いなど実施したくても出来ない状況が伺える。
- 木材のエネルギー依存割合をみると全エネルギーを木材に依存しているという答えは 42%であり、半分以上は木材の他、電気・バイオガスなどを併用している状況が明らかになった。

2) 棚畑(田)化

棚畑(田)化についての回答は以下の通りである(図 2.1.1(4)参照)：

- 現在ある農地のうち、傾斜農地がほぼ半分をしめているが、その傾斜農地の概ね半分は棚畑(田)化されている。
- この棚畑(田)化の資金源は個人によるものが 75%を占めており、他は政府機関が実施している。
- 棚畑(田)化にかかる費用は概ね 600 元/畝となっている。
- 棚畑(田)化による効果として、栽培作物の転換が計れるほか、栽培作物の収量もほぼ 25%近く増加している。
- また棚畑(田)化により、農作業そのものも楽になったという意見が 91%占めている。
- その他効果として水土保持、生態保護、保水効果などが主にあげられている。

- この棚畑（田）化すべき傾斜農地としては事業費・効果の関係から概ね 25 度以下が望ましいという意見が大半である。

2.2 ワークショップの実施

上記アンケート調査結果の確認および追加情報の収集のため、さらには住民の抱える問題、要望を直接聞き取り、計画作りに反映させるため、2005年8月から10月にかけて防災および林業に関わる参加型ワークショップをそれぞれ10回程度優先小流域で実施した。

防災に関わるワークショップは副総括/砂防計画・流域管理担当が、造林に関わるワークショップは総括/総合土砂災害対策および山腹緑化計画担当がそれぞれ計画・実施・まとめを担当した。また東川泥石流防治研究所職員2名がローカルファシリテーター（内1名は2004年のワークショップでもファシリテーター役を務めた）として、参加者住民と直接対話しながらワークショップを進行させた。

2.2.1 防災関連ワークショップ

防災関連ワークショップは東川市街地流域で7回、乌龙河流域で2回、桃家小河流域（上流部の会泽県地区）で1回、計10回実施された。豆腐沟流域では2004年に基本計画作りの一環として2回ワークショップが実施されたことから、豆腐沟流域は今回の対象から除外した。計10回のワークショップの概要を下表にまとめる。

表 R 2.2.1 防災関連ワークショップの実施概要

開催日時	開催場所		参加者		備考
	流域	会場	住居地区	属性	
05年9月6日 11:30-16:00	东川市 街地	銅都鎮腊利村村民委員会近くの脱穀場	腊利村箐門口地区5名、 徳莫地区25名、計30名	男24名、女1名 24名が農民	箐門口：地すべり重点 地区、徳莫：土石流重点 地区
05年9月7日 11:30-16:00	东川市 街地	銅都鎮集义村村民委員会3F集会室	深沟村10名、集义村10名、 法它村11名、計31名。	男23名、女8名 28名が農民	法它村：地すべり重点 地区
05年9月8日 11:30-16:00	东川市 街地	东川区銅都鎮石羊村村民委員会2F会議室	石羊村21名	男11名、女10名 24名が農民	
05年9月13日 11:30-16:00	东川市 街地	銅都鎮中殿村村民委員会中庭	糯谷田村祝国寺地区10名、中 殿村中殿地区11名、大殿地区 4名、活龙地区6名の計31名	男31名、女0名 29名が農民	
05年9月14日 11:30-16:00	东川市 街地	东川区銅都鎮岩脚村梁子上(7組) 小組長宅中庭	東岩脚村梁子上(7組)小组 24名、村民委員会書記1名	男14名、女6名 24名が農民	地すべり重点地区
05年9月15日 11:30-16:00	东川市 街地	东川区銅都鎮尼拉姑村芦柴塘(6 組)小组長宅	尼拉姑村芦柴塘 移転者34名、残留者6名	男24名、女16名 38名が農民	地すべり重点地区、 '97年に地すべり災害 で6名死亡。その後世 帯移転。
05年9月16日 11:30-16:00	东川市 街地	东川区銅都鎮奔多村奔多地区の 寺院の前庭	奔多地区19名、樟木箐地区6 名、元宝山地区1名、龙潭地 区6名、計32名	男27名、女1名 28名が農民	
05年10月13日	桃家 小河	会泽县驾车乡 迤石村新田	新田10名、水节4名、 发科6名、驾车村小麦地7名	男26名、女1名 全員が農民	发科は急傾斜崩壊、他 は地すべり重点地区
05年10月14日	乌龙河	东川区乌龙鎮 政府集会場	跑马村山尾巴6名、碑棋村舒 家山8名、大村子村大村子5 名、马店村马店3名	男17名、女2名 全員が農民	山尾巴、大村子：土石 流重点地区、 舒家山、马店：地すべ り重点地区
05年10月15日	乌龙河	旧东川区新田乡 政府集会場	新田村李家坟5名 仓房村打马坎5名	男9名、女1名 全員が農民	李家坟：土石流重点地 区、打马坎：地すべり 重点地区

1) 実施方法

ワークショップはローカルファシリテーターの進行のもと以下の手順で行われた。

- 参加者が自己紹介（名前、小組名、年齢、性別、職業、被災経験）
- 地区毎に参加者が一種のハザードマップを描き、自分たちの災害状況を発表。
- 住民が感じている災害の脅威、群測群防の実態、移転に関わる択一問題に対して参加者が解答。
- 住民移転が既に実施された地域では、移転によるインパクト（良くなった点、悪くなった点）について移転住民が列挙。
- 群測群防に関する記述問題に対して、回答を列挙。
- 解散前に、ワークショップの感想を、良い、普通、悪いの中から選択。

これらの詳しい結果については「付属報告書Ⅰ非施設対策」を参照されたい。

2) ワークショップからの知見

これらのワークショップから得られた知見を以下にまとめる。

表 R 2.2.2 防災関連ワークショップから得られた知見

項目	知見	
住民の災害に対する認識	<ul style="list-style-type: none"> • 住民は地域の災害の危険についてかなり熟知している。ただし、一部の住民は土石流、地すべり、洪水などの用語、現象を混同している。 	
災害の可能性	<ul style="list-style-type: none"> • 重点地区でなくとも、ほとんどの集落の周りに危険地域（とくに山岳地域の地すべり、崩壊）が存在している。 • 住民もそれらを脅威と感じている。 	
群測群防活動	<ul style="list-style-type: none"> • 政府指導の群測群防活動は重点地区に限られている。 • 観測員は村民委員会の職員の兼任もしくは小組長（無報酬）である。 • 観測計器（雨量計、地割れ幅測定）が設置されていたり、監視のための用具が配布されているところはない。 • 活動状況は地域毎に異なる。重点地域といえどもまだ明白カード¹も配られていないところもある。 	
情報収集/伝達	<ul style="list-style-type: none"> • 大多数の住民がテレビの天気予報を見ている（テレビを持っている） • 一部の住民は CCTV の地質災害情報を見ている。 • 郷鎮政府・村民委員会との連絡には携帯電話が使われている。ただし携帯電話が無いところへは歩いて伝えるに行く。 • 一部の村民委員会、小組で住民への連絡用に放送設備（拡声器、アンプ）を有しているところがある。 • 东川区都市建設局の屋上に警報装置あり。 	
避難活動	<ul style="list-style-type: none"> • 重点地区でも 50%、その他でも 43%の人が避難場所を決めているに過ぎない。 • 住民の半数以上が 70 歳以上の老人もしくは 5 歳以下の子供と同居している。 • ‘97 年の芦柴塘の地すべり災害では深夜にも関わらず、大声を掛け合い 20 分程度で約 200 名の住民が避難した（大声に気づかなかった 6 人は死亡）。 	
住民移転	<ul style="list-style-type: none"> • 重点地区の住民は 71% (130 人中 92 人)、重点地区以外でも 65% (131 人中 86 人) が移転を希望している。移転地の条件としては、先ず安全であること、さらに交通の便が良いことを上げている。 • 芦柴塘で災害後移転した住民も、移転地での生活に不便（農地が遠くなった、給水施設が無い、家屋が小さい）を感じており、更なる移転を希望している。 	
住民の考える群測群防の改善点	<ul style="list-style-type: none"> • 観測員の専任化（現状は兼任） • 宣伝活動の強化（防災意識の向上、人為活動による災害の誘発を防ぐ） 	<ul style="list-style-type: none"> • 資金を増やす。 • 観測計器の設置。 • 予測精度の向上。
住民が貢献できること	<ul style="list-style-type: none"> • 危険箇所の観測。 • お互いに助け合う（とくに身体障害者、老人、子供を助ける）。 • 状況に合わせて緊急対応する。 	<ul style="list-style-type: none"> • 森林保護、植樹、砂防ダム建設、流路・谷の堆積物の除去。 • 予測精度の向上 • 宣伝活動。

¹明白カード：群測群防重点地区の住民に行政から配られるカードである。カードには想定される災害の種類、避難先、避難路、連絡先などが記入されている。

2.2.2 林業関連ワークショップ

1) ワークショップの目的と手順

林業関連ワークショップは主に以下のことについて住民の意見を聞くために実施した：

- 造林についてその必要性・目的・実施責任者・樹種の選定など
- 退耕還林について今後の必要性

また棚畑（田）化について必要性・効果・実施責任者などの意見も合わせて議論を行った。

このワークショップではまず参加者に別途用意したアンケートに答えてもらい、続いて上記の内容について、ファシリテーターの進行のもとに参加者での議論を進めた。

2) ワークショップの実施場所

ワークショップ実施の場所は、前述の各組を対象にしたアンケートを参考に、造林、退耕還林、棚畑（田）化等の実績のある組を各流域から 2-3 箇所選んだ。今回ワークショップを行った小組を下記の表に示す：

表 R 2.2.3 林業アンケートの調査内容

流域名	小組名	村民委員会名	参加者数
豆腐溝	四角地	安乐箐	31
	大横路	大樹脚村	40
烏龍河	李家湾	跳鳥村	40
	大坪灘	碑棋村	50
东川市街地	上田塊	岩脚村	30
	中殿、大殿	中殿村	30
桃家小河	大蕎地	袈車村	28
	夏家村	白泥村	19
	段家村	屋基村	32

参加者の年齢構成は 10 歳代～60 歳代で主には 20 歳代～40 歳代で占められていた。（図 2.2.1 参照）

3) ワークショップの結果

ワークショップの結果はアンケート結果と議論の結果に分かれるが、それぞれ結果をまとめて図 2.2.1 及び表 2.2.1 に示す。

a) ワークショップの参加住民に対するアンケート結果

ワークショップでの参加住民に対するアンケートの結果は当然ながら各村、流域によって多少異なる部分があるが、概ね全体として次のことがいえる（図 2.2.1 参照）。

- 各参加者の所有する林地面積をみると、10 畝以上の広大な林地を所有している人から 1 畝以下の所有までかなり分布が広がっているが、平均的には 1 畝～5 畝程度の面積所有者が多くなっている。
- 造林の樹種として全体として生態林・経済林・薪炭林の順で割合が低くなっているが、現実に造林されている状況に比べると経済林に対する要望が高い。また地域によっては住民が燃料として木材に大きく依存しているため薪炭林の割合が比較的高いところも見られる。
- 退耕還林は基本的には必要と考えられているが、補償が打ち切られた後の見通しは持っておらず、補償の継続を期待しているのが多数の意見である。(表 2.2.1 参照)
- 棚畑(田)化を実施した農家は参加者の半分程度を占めており、残りの大半の農家は今後実施を予定している。
- 棚畑(田)化のために期待する資金源は中央政府に期待するところが 62% とほとんどを占めているが、個人負担と考える農家も 11% とかなりの割合で見られる。
- 棚畑(田)化する理由についてはここでは作業が楽になる、栽培作物転換、生産性向上、保水機能向上がほぼ同じような重みで挙げられている。
- 傾斜農地の何割を棚畑(田)化したいかについては、50%～全部という答えが合計で 90% となっており、傾斜農地を出来るだけ棚畑(田)化したいという考えがうかがえる。

b) 議論の結果

議論としては造林、退耕還林、棚畑(田)化について順に行ったが概ね皆の合意として次のことがあげられる(表 2.2.1 参照)。

- 造林の主な目的の一つに、燃料問題の解決が挙げられる。その他には水土保持、収入の増加、子孫に福を残す等が挙げられる。
- 造林実施上の問題は水源不足、資金不足が大きな問題である。他に苗木がない、扶育管理がよくない等の問題もある。
- 造林に対する住民の参加形態としては、積極的に参加し政府も補助金を出してもらおうというのが、総括的考えである。
- 退耕還林については基本的に皆賛成で今後も継続していくべきである。
- 補償については、現在の補償期間の終了後も継続してもらいたい。
- 棚畑(田)化は必要である。理由としては耕作が楽になる、収穫量が増加する、水土保持、保水機能の向上があげられる。
- 棚畑(田)化の実施については住民が労働力を投入して国が補助金を出す形が望ましい。
- 皆故郷を愛しており、この故郷の改善には環境改善は重要であるが、その他に道路の整備などインフラの整備が必要である。

2.3 ハザードマップの作成

災害危険箇所を図示したハザードマップは、防災対策の重要なツールの一つとして、広く世界各国で使われ始めている。本調査でも、ハザードマップの作成は非施設対策の重要な柱の一つであると位置づけており、優先小流域を対象に、土石流(洪水を含む)、

地すべり、急傾斜地崩壊の災害に関するハザードマップを作成を試みた。作成した各流域のハザードマップの結果については、第4章以降の各流域のプロジェクトの記述の中で説明する。以下に作成方法について説明する。

2.3.1 土石流氾濫解析による土石流災害危険区域の推定

優先小流域の土石流の形式は土石流堆積物の構成や流れの様相から見て、一般的な巨礫型土石流とは異なり、微細成分の多い火山泥流に近い流れと言える。そこで日本の火山泥流解析によく使われる2次元浅水流・不定流手法を用いて、100年確率規模の土石流氾濫区域の推定を試みた。

1) 数値解析の実施

a) 手法

2次元浅水流・不定流の運動方程式および連続式は以下の通りである（詳細は「付属報告書C水文水理」参照）。

運動方程式

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \beta \frac{\partial}{\partial x}(uM) + \beta \frac{\partial}{\partial y}(vM) = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \tau_{bx}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \beta \frac{\partial}{\partial x}(uN) + \beta \frac{\partial}{\partial y}(vN) = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \tau_{by}$$

ここに、

$$M = uh, N = vh, H = h + z_b$$

連続の式

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

土砂の連続式

$$c_* \frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{\partial q_B}{\partial x} + \frac{\partial q_B}{\partial y} = 0$$

u, v : x 及び y 方向の水深
 h : 水深
 z_b : 流動層底面の地盤標高
 g : 重力加速度
 β : 運動量補正係数
 ρ : 流体の密度
 τ_{bx}, τ_{by} : x, y 方向の抵抗力
 c_* : 体積土砂濃度
 q_b : 流砂量

b) モデルの構築

2次元土石流氾濫解析モデルは図R.2.3.1のような流れで構築する。大略的に説明すると、土石流ハイドログラフ、メッシュデータ(標高、粗度係数、堆積物の体積濃度、交換層厚、側岸傾斜角等)、その他の物性的条件(流体の密度、砂礫の密度、内部摩擦角等)等がモデル構築に必要である。これらの詳細については「付属報告書C水文水理」を参照されたい。

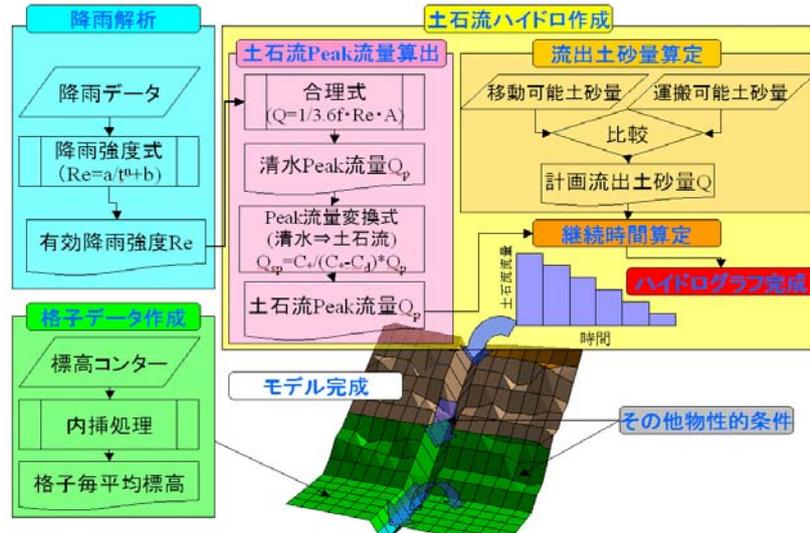


図 R 2.3.1 土石流氾濫解析モデル構築フロー

2) 氾濫解析結果の表示(土石流災害危険区域の想定)

数値解析を実施すると、土石流が通過した 25m メッシュに土石流の流動深としてデータが与えられる。その危険度は氾濫深さをランク分けすることによって得られる。

2.3.2 地すべり災害警戒区域

ここで扱う地すべりとは「土地の一部が地下水等に起因して滑る自然現象又はこれに伴って移動する自然現象」のことをいう。地すべりと崩壊を現象的に区別するのは困難であるが、一般に地すべりと呼ばれる現象は、明瞭な滑り面をもつこと、土塊の移動に継続性があること、特定の地質や地質構造の部分に集中する傾向があること、移動土塊が比較的原型をとどめたまま移動するなどの特徴をもつ。地すべり地形は地すべりが起こったか、または起こりつつある結果である。

ここでは地すべり災害警戒区域を日本の「土砂災害防止に関する基礎調査の手引き、平成 13 年 6 月、財団法人砂防フロンティア整備推進機構」を参考にして以下の方法で抽出した。

1) 対象外とする地すべり、及び類似現象

地すべりとは「土地の一部が地下水等に起因して滑る自然現象又はこれに伴って移動する自然現象」であり、次のような現象は対象外とする。地すべりに伴う現象としては、末端部隆起のみの現象、移動土塊の流動化、地すべり滑動終息後の再移動、雪上等の土塊の移動は対象外の現象とする。またその他の現象として、初生地すべり、大規模な地震等に起因して発生する地すべり、移動速度が速い地すべり、移動土塊に含まれる巨礫、転石等により衝撃力が発生する地すべり、河川の埋塞等による二次的被害、人為的行為によって発生した地すべりなどである。

2) 地すべりブロックの抽出と地すべり警戒区域の設定

本調査で撮影した 1/20,000 空中写真を用いて地すべり地形を判読し、地すべりブロック（滑落崖、側方崖と滑落崖、側方崖背後の亀裂、段差地形の存在する範囲を

含む) を抽出した。必要箇所について地すべり区域長(滑落崖を含む)、区域幅の計測を図上で行った。移動方向の確認は空中写真判読によった。

a) 警戒区域設定

抽出された全ての地すべりブロックおよび地すべり末端部から、地すべり区間長に相当する距離(ただし、250mを越える場合は250mを上限とする。また現地の地形状況により、明らかに土石が到達しないと認められる区域は除く)内で地すべり区域幅の範囲に人家や利用可能平坦地がある区域を警戒地域とした。

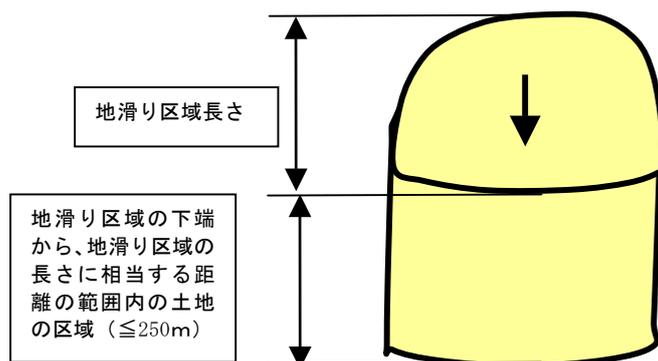


図 R 2.3.2 地すべりによる危害のおそれのある土地(警戒地域)の抽出

b) 明らかに土石等が到達しないと認められる区域

設定された区域のうち、あきらかに土石等が到達しない範囲については、危害のおそれのある土地の区域から除去する。明らかに土石等が到達しないと認められる地形としては、地すべり側方が規制されて大きく曲がる地すべり地形と地すべりの移動方向に河川や谷が存在する地形とがある。以下に後者の場合の土石等の到達範囲の設定方法を示す。

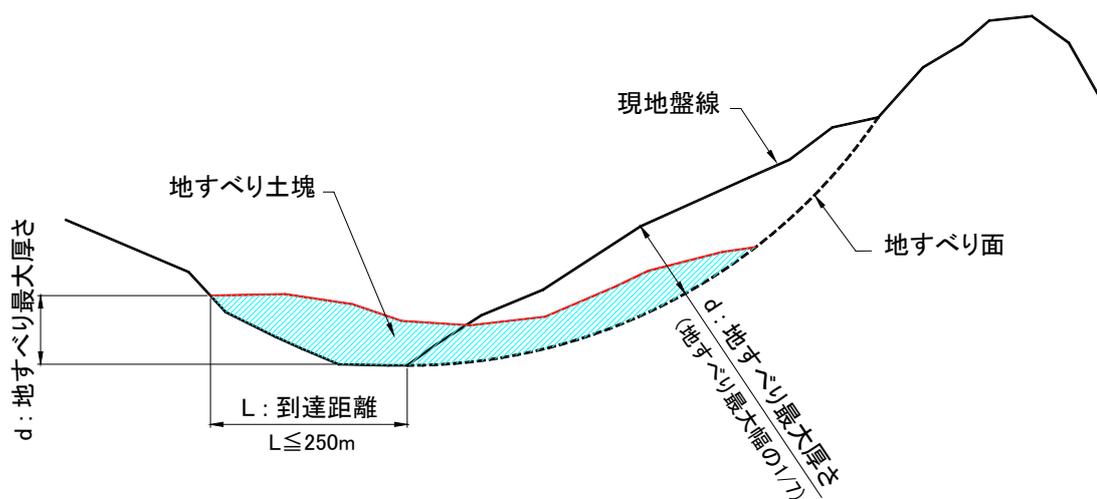


図 R 2.3.3 明らかに土石等が到達しないと認められる区域

2.3.3 急傾斜地災害警戒区域

急傾斜地の崩壊とは、一般に「傾斜度 30 度以上である土地が、降雨等を起因として突発的に崩れ落ちる現象」のことをいう。その発生頻度は高く、強い衝撃力を有する崩壊土砂が急斜面下の家屋を直撃し、人的被害に直結する傾向がある。この急傾斜地災害警戒区域を、日本の「土砂災害防止に関する基礎調査の手引き、平成 13 年 6 月、財団法人砂防フロンティア整備推進機構」を参考にして以下の方法で抽出した。

1) 対象とする急傾斜地の崩壊現象

急傾斜地の崩壊の規模は、「斜面の表層崩壊によるがけ崩れ」を対象とし、現在の科学的知見では崩壊の規模の規定が困難な「斜面の深層崩壊・山体の崩壊等に起因する急傾斜地の崩壊および岩盤崩落」については対象外とする。

2) 30° 以上の急傾斜地の抽出

傾斜度 30° 以上、高さ 5m 以上の急傾斜地を、本調査で作成した 1/5000 数値地形図から抽出した。

3) 崩壊による危害のおそれのある土地（警戒区域）の抽出

急傾斜地およびその周辺に人家等が存在する箇所から概ね 100m 以内の範囲を対象に以下のように危害のおそれのある土地（警戒区域）を抽出した。

a) 上端、下端の確認

1/5,000 数値地形図を下に先ず傾斜角度 30° 以上と 30° 未満に分けた傾斜区分図を作成する。この傾斜区分図において斜面の方向を考慮し、斜面の上端（傾斜区分が 30° 以上から 30° 未満となる斜面上端）、下端（傾斜区分が 30° 以上から 30° 未満となる斜面下端）を確認する。

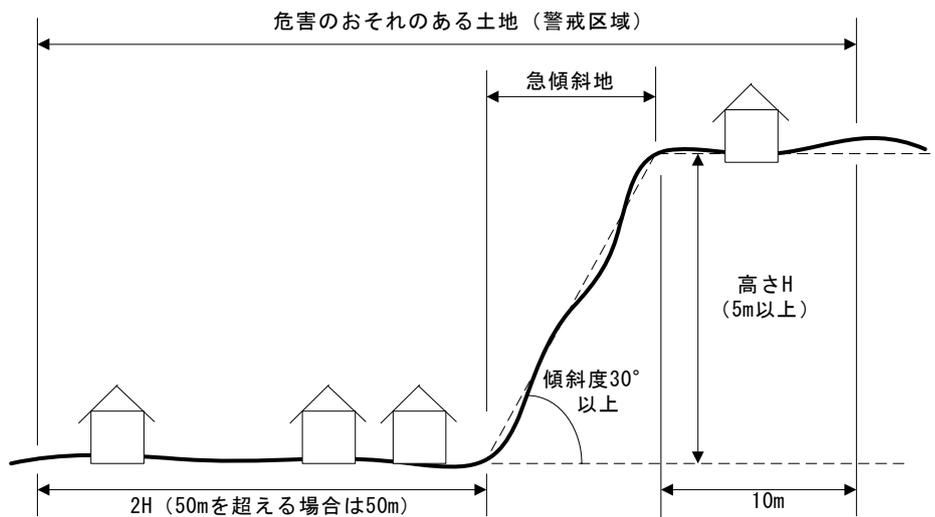


図 R 2.3.4 急傾斜地概念図

b) 下端より下流の警戒区域設定

下端と上端の比高差 (H) の二倍 (2H) の水平距離を下端下流にとる。ただし、2H が 50m を超える場合は、水平距離は 50m とする。下端下流で対岸の斜面になる場合は、下端高より 5m 高い地点の水平距離とする。

c) 上端より上流の警戒区域設定

上端から水平距離 10m の区間を警戒区域とする。ただし、上端から水平距離 10m 以内に尾根となる場合は尾根までとする。

2.3.4 ハザードマップ技術交流会の開催

調査団は 2005 年 9 月 1 日に東川区水務局において、中国側関係機関とハザードマップに関する技術交流会を開催した。中国側としては東川区水務局、国土資源局、民生局、銅都鎮、東川泥石流防治研究所から 15 名、調査団からは計 5 名が参加した。

表 R 2.3.1 日中ハザードマップ技術交流会

開催日、時間	2005 年 9 月 1 日 10:30-12:00, 14:30-18:00	
参加者	中国側	計 15 名：東川区水務局、国土資源局、民生局、銅都鎮、東川泥石流防治研究所
	日本側 (調査団)	計 5 名：副総括、水文・水理、地形・地質、構造物設計・積算、通訳
講義題目	<ul style="list-style-type: none">● 日本におけるハザードマップ作成の経緯と目的 (調査団)● 急傾斜地ハザードマップの作成 (調査団)● 地すべりハザードマップの作成 (調査団)● 土石流ハザードマップの作成 (調査団)● 国土資源局の地質災害管理 (東川区国土資源局)	

この技術交流会では、まず調査団から『日本におけるハザードマップ作成の経緯と目的』と題し、今日の日本においてどのようにハザードマップ作成が防災対策において主要な位置を占めるようになったのか、日本の砂防対策の歴史、関連法規を紹介しながら説明した。さらに急傾斜地、地すべり、土石流の各災害についてハザードマップ作成方法を説明した。このとき、東川市街地流域について試作した急傾斜地、地すべり、土石流のハザードマップを披露した。

引き続き中国側を代表して、東川区国土資源局代表から『国土資源局の地質災害管理』と題して、国土資源局が実施している地質災害対策の中で主として群測群防についての説明があった。これによると、東川区で計 151 箇所 (土石流 63 箇所、地すべり 88 箇所) の危険箇所 (重点地域) を抽出し、群測群防支援を行っているようである。

交流会では最後に日中お互いに対する質疑応答を行った。このとき調査団は、調査団の作成したハザードマップを住民へ公開することの可能性について中国側の意見を求めた。中国側はハザードマップの住民への公開についてあまり積極的ではなく、その理由として以下の点を上げていた。

- 事例がない。
- 住民の過剰な反応 (パニック) が懸念される。
- 上級機関の判断を仰ぐ必要がある。

2.4 群測群防のための簡易観測計器の設置

雲南省国土資源庁発行の群測群防に関するマニュアル『地すべり土石流の予防避難知識』では地すべりなどの簡易観測が推奨されている。しかし防災ワークショップにおいて、現状の群測群防には観測機器は一切使用されておらず、目視に頼っていることが判明した。

以上のような現状を鑑み、調査団は計器による簡易観測の普及の契機となるように、銅都鎮岩脚村梁子上集落（東川市街地流域）をモデル地区として、2005年11月15～16日に下記のような地すべり、雨量観測の簡易観測計器を設置した。設置の詳細については「付属報告書Ⅰ非施設対策」を参照されたい。

表 R 2.4.1 簡易観測計器の一覧

観測計器	目的	設置箇所
簡易伸縮計	地すべり観測	計3ヶ所（北側斜面1ヶ所、南側斜面2ヶ所）
簡易変移計	地すべり観測	1ヶ所（南側斜面1ヶ所）
地すべり検知盤	地すべり観測	2ヶ所（南側斜面1ヶ所）
住宅壁ひび割れ計測	地すべり観測	1ヶ所（南側斜面1ヶ所）
簡易雨量計	雨量観測	1ヶ所

上記の設置工事完了後、2005年11月16日14:00から住民約30名および水務局や東川泥石流研究所の代表の参加を得、計器の目的、原理、測定方法の説明会を行った。

2.5 環境影響評価の位置づけ

緊急事業のF/Sの実施とこれら事業の環境影響評価支援調査は、緊急事業の社会的自然環境的持続可能性を確保するために必須の調査内容である。また提案された事業の緊急性に鑑み、早期に資金源を確保し、実施に結びつけることが重要である。そのためには、中国国内の環境影響評価制度との要求事項を満たすことが必要となる。

JICA 調査団は、調査に先立ち中国の環境影響評価制度における本環境影響調査の位置づけを明確にするために、2005年6月に中国国家環境保護総局において面談形式で、さらに2005年7月に本調査の実施機関である雲南省水利庁に対して質問状形式で以下のとおり確認を行った。その結果、国家環境保護総局は「基本計画およびF/S対象事業とも計画の環境影響評価で構わないが、環境影響報告書が必要である。」との見解を示した。一方、雲南省水利庁が、調査団からの質問状を受け雲南省環境保護局に問い合わせたところ、「基本計画はセクター計画に該当し、環境影響報告書が必要である。またF/S対象の緊急プロジェクトは流域開発事業に該当し、建設事業としての環境影響報告書の作成が必要」との見解が示された。すなわちF/S対象の緊急プロジェクトの環境影響評価の取り扱いについて国家環境保護総局と雲南省環境保護局との見解とは異なるものであった。

基本計画およびF/S対象事業は共に、本来、土砂災害対策及び自然環境修復にかかわる「計画」であり、字句どおりに解釈すれば、「計画に対する環境影響評価」を策定すれば十分である。しかし提案された5案件は、その緊急度を考慮すれば、一刻も早く実施すべきであり、またそれが可能であるという点では現時点で「建設事業としての環境影響報告書」を作成することが適切と判断される。またF/S段階で建設事業としての環境影響報告書に準じた環境配慮調査を実施し、報告書を作成すれば、将来事業の承認申請にあたってその報告書を活用することが可能となり、案件の実現までの時間を削減し、時宜に適った実施が可能となる。

上記の点を鑑み、優先事業の環境影響評価を中国の国内制度で言う「建設事業の環境影響評価」の支援として位置づけ、事業実施に伴う環境影響の評価と対策の策定を支援することが必要である。

なお、環境影響評価は中国側の責任事項であり、本調査で行う社会環境配慮支援調査は、あくまでも中国側が今後自ら実施する環境影響評価が適切にかつ効率的に行われるよう支援を行うものであり、これをもって中国における環境影響評価の審査を目的としていない。そのため本調査実施段階では、中国側は正式な環境影響評価の手続は開始していないが、今後、本事業が中国政府の手続に則って、正式に承認された段階で、本調査で行った社会環境影響評価の結果を基に環境審査を実施することになる。

第3章 優先小流域緊急プロジェクトの基本方針

3.1 緊急プロジェクトの構成

各優先小流域の緊急プロジェクトはそれぞれ施設対策である土石流対策と水系砂防対策、そして非施設対策の3つからなる。

まず土石流対策では土石流危険渓流に対し、砂防えん堤、流路工、床固め工、導流工などの施設が想定される。水系砂防対策は自然環境修復、河床上昇・下流への土砂流出の緩和を主目的に計画するもので、造林、山腹工、傾斜農地の棚畑化、谷止め工から成る。さらにこれらの施設対策を補完する対策として、ハザードマップ作成、警戒避難体制（群測群防）の強化、予警報システムからなる非施設対策がある（この内、予警報システムについては第8章において詳しく述べる）。

表 R 3.1.1 優先小流域の緊急プロジェクト

対策		内容
施設対策	土石流対策	●砂防えん堤 ●流路工 ●床固め工 ●導流工
	水系砂防対策	●造林 ●山腹工 ●傾斜農地の棚畑化 ●谷止め工
非施設対策		●ハザードマップの作成・活用 ●警戒避難体制（群測群防）の強化 ●予警報システム

3.2 土石流対策

3.2.1 土石流対策渓流と計画規模

1) 計画基準点、補助基準点及び計画規模の設定

『小江全流域基本計画』で述べたとおり、土石流対策計画を策定する場合、その対策の対象とする土砂量を決定する地点（計画基準点）を設定する必要がある。一般に、この土石流対策計画の計画基準点は、市街地、集落、農地、道路等保全対象となる区域の上流に設けられる。

優先小流域での流出土砂量算定の基本となる計画基準点は、今回作成した1/5,000地形図及び現場踏査結果から、土石流氾濫開始地点（地形）、重要保全対象物の位置、土石流対策施設の状況を勘案し、表 R3.2.1 に示す17地点を選定する（各基準点の位置等、詳細については、各小流域の土石流対策を検討する第4章以降に示す）。

土石流対策及び洪水対策の計画規模は、『全国山洪災害防治計画作成ガイドライン（2003年4月）』、『防汛抗旱・総合技術（1995年1月1日施行）』を参考に、東川泥石流研究所や都市計画局等との打合せ結果から、土石流対策：20年確率、洪水対策：5年確率を原則とする。ただし、東川市街地の渓流（深沟、石羊沟）では、その重要度、将来の発展等を考慮し、土石流対策：100年確率、洪水対策：20年確率を計画規模とする（『第2巻基本計画編』参照）。

優先小流域の土石流対策検討溪流の基準点及び計画規模を下表に整理する。

表 R 3.2.1 優先小流域の土石流対策検討溪流の基準点

支川流域	流域番号	基準点	溪流名称	流域面積 (km ²)	計画規模 (確率年)		適用
					土石流	洪水	
豆腐沟	XZ-5	1	豆腐沟	13.07	20	5	
		1-1	豆腐沟	9.00	20	5	補助基準点
		1-2	豆腐沟	2.31	20	5	補助基準点
		2	豆腐沟北支沟	1.95	20	5	
乌龙河	DZ-1	1	冉家沙沟	4.47	20	5	
		2	薛家沟	1.64	20	5	
		3	老龙箐	3.81	20	5	
		4	李家湾沟	2.07	20	5	
		5	李家湾南支沟	0.39	20	5	
		6	大箐沟	0.79	20	5	
东川区 市街地 流域	DY-3	1	深沟	24.52	100	20	深沟流域
		2	老干沟	2.03	100	20	深沟流域
		3	尼拉姑沟	0.74	100	20	深沟流域
		4	尼拉姑沟北支沟	0.33	100	20	深沟流域
		5	尼拉姑沟南支沟	0.74	100	20	深沟流域
	DY-4	1	石羊沟	7.16	100	20	石羊沟流域
		2	德莫沟	1.82	100	20	石羊沟流域
		3	余家沟	0.36	100	20	石羊沟流域
桃家小河	DY-12	1	桃家小河	70.95	20	5	
		1-1	桃家小河	65.06	20	5	補助基準点

2) 計画流出土砂量

土石流対策で取り扱う土砂量は、基本的に次のものから構成される。

表 R 3.2.2 計画で取り扱う土砂量

名称	説明	適用
Ve. 移動可能土砂量 (不安定土砂量)	計画規模の降雨(洪水)発生に伴って移動可能と考えられる不安定な土砂量	
Vec. 運搬可能土砂量	計画規模の土石流によって運搬できる土砂量	
Qd. 計画流出土砂量	土石流対策計画の基本となる流出土砂量であり、計画規模の降雨によって基準点に流出してくる土石流の土砂量である。上記移動可能土砂量と運搬可能土砂量計画規模の土石流が運搬できる土砂量とを比較して小さい方の値とする。	$Qd.=Ve (Ve < Vec)$ $Qd.=Vec (Ve \geq Vec)$
Qsp. 土石流ピーク流量	導流工計画の基本となる土砂量	

計画流出土砂量 Qd は計画規模の降雨によって基準点に流出してくる土石流の土砂総量である。移動可能土砂量 Ve (計画規模の洪水発生に伴って移動可能と考えられる不安定な土砂量) と運搬可能土砂量 Vec (計画規模の土石流が運搬できる土砂量) を比較し小さい方の値を採用する。優先小流域では、いずれの流域も荒廃が激しく溪流に土砂が厚く堆積していることから、不安定土砂量(移動可能土砂量)が運搬可能土砂量の数倍から十数倍にも及ぶ。よって、運搬可能土砂量として計算された土砂量を計画流出土砂量として採用する。

土石流ピーク流量は文字通り土石流のピーク流量であり、土砂および水が混ざったピーク流量で、後述する導流工計画の基本となる土砂量である。

既に幾つか砂防えん堤など土石流対策施設が設置されている場合には、これら既設施設の調節量をも見込むことになる。

各土砂量算出の計算式は、『付属報告書 G 砂防施設設計・積算』に示す。

3.2.2 対策施設

1) 対策施設の分類

土石流構造物対策は下表のように分類できる。

表 R 3.2.3 適用が考えられる構造物対策

分類	内容	構造物対策
土石流発生抑制対策	土石流発生域において土石流の発生を抑制する施設対策	砂防えん堤、床固め工、護岸工、溪流保全工
土石流貯留対策	土砂流下区間において土石流を貯留する施設対策	遊砂地工、砂防えん堤（貯砂）、
土石流抑制・調節対策	土砂流下区間において土石流を抑制・調節する施設対策	砂防えん堤（抑制・調節）、
土石流流下対策	土石流流下区間および堆積区間において、土石流ピーク流量を安全に流下させる施設対策	導流工

『第2巻基本計画編』で述べたとおり、流域の荒廃状況の改善という観点から見れば、上記の中で発生抑制対策が最も抜本的な案といえる。しかし、小江流域は、年間 42,000,000tf の土砂生産があり、また、移動可能土砂量 (Ve) が運搬可能土砂量の数倍から数十倍に及んでおり（基本計画編 表 R 6.1.4 参照）、各土石流対策検討溪流において、膨大な不安定斜面、不安定土砂すべてに対して発生抑制を施すことは技術的・経済的に非効率である。したがって構造物による土石流対策としては、発生抑制対策ではなく土石流災害防止の観点から立案する。

また、遊砂地工、貯砂えん堤など、土石流貯留を目的とした施設では、土石流計画流出土砂量に相当する容量を土石流発生に備えて常に確保しておく必要がある。しかし、小江流域では流域の荒廃のため土砂生産が激しく、このような容量を確保するためには貯まった土砂を常に掘削除去するか、経年の生産土砂量を死容量としてあらかじめ貯砂計画に見込んでおくか、さらには満砂しても容量を確保するために貯砂施設を新たに作り続けなければならない、維持管理に手間がかかり経済的にも不利となる。

以上のことから、下記の2種の構造物対策を代替案として検討を行う。

代替案1：土石流抑制/調節を目的とした『砂防えん堤+流路工』

代替案2：土石流を安全に流下させることを目的とした『導流工+流入部床固め』

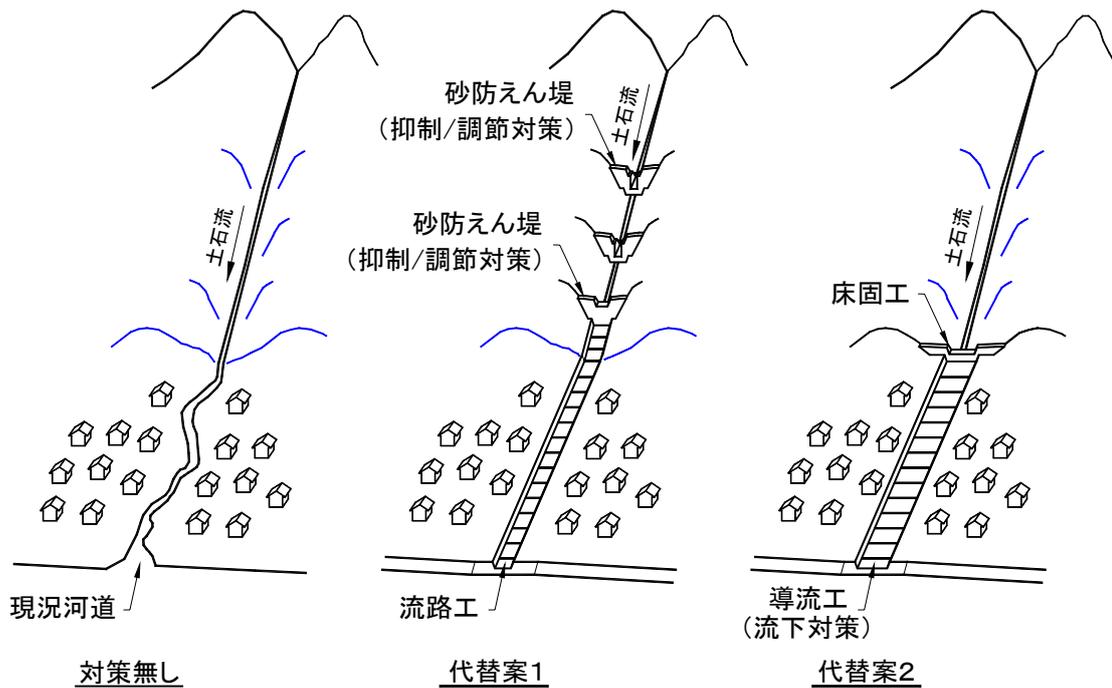


図 R 3.2.1 『砂防えん堤+流路工』と『導流工+流入部床固め』

後述するように、本プロジェクトの実施ための資金として、云南省水利庁は海外融資機関から融資を期待している。このような融資プロジェクトの場合、経済性がプロジェクトの採択の重要な要素となる。したがってゼロオプション（対策無し）を含めた代替案の比較、最適案の選定にあたって経済性に留意する。具体的には、原則として内部収益率が機会費用である 8% を下回らないように最適案を選定する。

2) 代替案 1：砂防えん堤+流路工

a) 砂防えん堤の効果

砂防えん堤は、溪岸・溪床侵食の防止、流下土砂の調節、土石流の捕捉・減勢（土石流の調節）、流木の捕捉などの機能を持つ構造物である。本検討の対象溪流は、移動可能土砂量が運搬可能土砂量に比べて圧倒的に多いことから、土石流の捕捉・減勢（土石流の調節）の機能にのみ着目し、砂防えん堤の土砂捕捉量のみを整備土砂量として検討を進める。各計画基準点での計画流出土砂量を上流に配置した砂防えん堤により捕捉し、大出水時の基準点下流への流出土砂量は 0m^3 とする。

砂防えん堤による土石流発生時および洪水時の計画土砂捕捉量は、平常時堆砂勾配 (I_1) の貯砂量と計画堆砂勾配 (I_2) の貯砂量の差として算出される。えん堤上流の横断面図を用いるのが最も精度の高い算出方法であるが、今回横断面測量は行っていないことから、1/5,000 地形図から得たえん堤地点の地形データを用いて計算する（式については、『付属報告書 G 砂防施設設計・積算』参照）。

b) 砂防えん堤の配置計画時の留意点

砂防えん堤配置計画時の留意点について下記に整理する。

透過型砂防えん堤の採用

土砂捕捉のための主構造物として透過型砂防えん堤（スリット型）を採用する。透過型砂防えん堤は、溪流の土砂水理的連続性を損なうことなく、平常時には土砂を下流に流下させる一方、土石流時や洪水時には土砂を捕捉し下流域の土砂災害を防止する機能を持つ。

不透過型砂防えん堤と透過型砂防えん堤の組み合わせ

上流域においては捕捉効果が大きい透過型砂防えん堤を配置し、基準点および補助基準点直上流など下流に重要な保全対象が控えている箇所については、機能が安定し実績のある不透過型砂防えん堤を配置する。

えん堤の位置

支溪の合流がある場合は、主溪および支溪双方に効果があるように合流点の下流部に計画する。また、主溪および支溪の一方が荒廃している場合は、荒廃溪流を優先して位置を選定する。また、支溪からの土石流が引き金となり主溪で土石流が発達するケースを考え、砂防えん堤は残留域を小さくするようにできるだけ下流域に計画する。

えん堤の基数

不透過型砂防えん堤を配置した地点（基準点、または、補助基準点）において、えん堤の土砂補足量の合計が計画流出土砂量以上となるように砂防えん堤の基数を決定する。

ダムの高さ

対象溪流は河床に土砂が厚く堆積しており、砂防えん堤の基礎を岩着させることは難しいと考えられることから、15m以上のハイダムは避ける。根入れを2.5 m程度とし有効高12mを最大高とする。

流路工の配置

最下流の砂防えん堤下流には後続流を無害に流下させるため、また、河床低下を防止するために流路工を設置する。この流路工の計画確率規模としては、东川市街地の溪流（深沟、石羊沟）では20年確率、その他の溪流では5年確率とする。

3) 代替案2：導流工＋流入部床固め

導流工は発生した土石流を氾濫させることなく、無害なところまで速やかに流下させる対策方法である。計画対象流量は、計画確率規模の洪水時に発生すると予測される土石流のピーク流量である。小江流域では蒋家沟、达朵沟、沙湾大沟等で採用されており、それぞれ発生した土石流を流路によって小江本川まで導くように計画されている。

導流工の流入部には、河道を固定し土石流を滑らかに導流工に導くために有効高5 m程度の床固工を設置する。

導流工は砂防えん堤に比べ廉価であるが、土石流の流下を許容することになるため、発生時に導流工内およびその周辺から確実に人々を避難させておく必要がある。このことから、導流工採用にあたっては、経済分析のみでなく下流の状況、特に人家の有無、規模等に配慮する必要がある。

4) 対策施設概略設計の考え方

対策施設概略設計の考え方を下記に整理する（詳細については、『付属報告書 G 砂防施設設計・積算』参照）。

a) 砂防えん堤

i) 砂防えん堤本体の設計

水通し天端幅は 3.0m 以上とし、えん堤本体の安定計算は、重力式えん堤として下記の 3つの条件を満たすことを前提とする。

- 転倒しないこと。堤底において引張応力を生じないように堤体に作用する荷重の合力の作用線が堤底の中央 1/3 内に入ること。
- 堤体内、堤底と基礎地盤との接触面または基礎地盤内で滑動を起こさないこと。
- 堤体内に生ずる最大応力が堤体の材料の許容応力を超えないこと、基礎地盤が受ける最大応力が地盤の許容支持力を超えないこと。

非越流部断面は越流部断面と同一とする。安定計算は、下表に示す設計荷重を組み合わせる断面設計に述べた諸条件を満足するように行う。

表 R 3.2.4 重力式コンクリート砂防えん堤の設計荷重の組み合わせ

堤高	平常時	洪水時	土石流時
堤高 15m 未満		静水圧	静水圧、堆砂圧、土石流流体力
堤高 15m 以上	静水圧、堆砂圧、揚圧力、地震時慣性力、地震時動水圧	静水圧、堆砂圧、揚圧力	清水圧、堆砂圧、揚圧力、土石流流体力

ii) 基礎の設計

えん堤は溪床および両岸に岩盤が存在し、基礎を岩着させることが望ましいが、優先小流域には砂礫が厚く堆積しており基礎の岩着は事実上不可能である。このことから、本設計では、基礎地盤は砂礫堆積層を前提としフローティングタイプとする。なお、地盤の許容支持力は 500kN/m² とする。また、基礎の根入れは、砂礫地盤として 2m 以上とし、水叩き厚が 2m 以上となる場合は、基礎根入れは水叩き厚と同じとする。

iii) 水通しの設計

土石流の発生頻度が低いことから、水通し設計流量は 1/100 確率清水流量 $\times 1.5$ （土砂混入率 50%）を採用する。

水通しは設計流量をを安全に流しうる十分な断面を持つものし、必要水通し高さに下記の余裕高を加えた値を設計水通し高さとする。

表 R 3.2.5 砂防えん堤水通しの余裕高

対象流量	余裕高
200 m ³ /sec 未満	0.6 m
200～500 m ³ /sec 未満	0.8 m
500 m ³ /sec 以上	1.0 m

また、越流水深を極力小さくするため、水通し幅は、えん堤計画地点の河床幅を最大限利用する幅として設定する。流域面積が小さい場合には、流量が小さくなり必要幅も小さくなるが、土石流、流木等の流下を考慮し水通し幅は3 m以上とする。

iv) 前庭保護工の設計

ダム基礎部は岩着としていないため、水叩きと垂直壁を設け前庭部を保護し洗掘によるえん堤本体の破壊を防止する。

水叩き厚は、経験式より計算することとし最大厚は3.0mとする。また、垂直壁の天端幅は、水叩き厚と同程度とし、水叩き下流部の洗掘に対処するように1.5mの根入れ深を確保する。

v) 透過部の設計（透過型砂防えん堤の場合）

開口部の大きさは、土石流最大粒径及び施設の目的から決定する。透過（スリット）型砂防えん堤は、スリット部を閉塞させ対象土石流の捕捉を目的とすることから、下式から開口部の大きさを決定する。

$$b \leq 1.5 d_{\max}$$

b : 開口部の大きさ

d_{max} : 土石流中の礫の最大径

土石流の最大礫径は、一般には、『ダム計画地点より上流の溪床及びダムサイト下流各々200 m間の溪床堆積物を踏査し、100個以上の巨礫の頻度分布を調べ、累加曲線の95%程度をもって最大礫径とする』が採用されている。本検討では、各溪流の中流域の95%礫径を調査しこの粒径を各溪流に配置するえん堤透過部の設計に使用する。

また、当該コンクリートスリット砂防えん堤が確実に土石流を捕捉するように、スリット部に鋼製の棧を設ける。棧の間隔は、当該砂防えん堤を通過しても下流域に被害が生じないと推定される礫の粒径Dと同程度として設定する。鋼製の棧の取り方は、通過部断面の底面と第一段目の棧までをD（対象粒径）とし、第二段目以上は0.5Dとする。ここで、対象粒径Dは、95%粒径（d₉₅）とする。

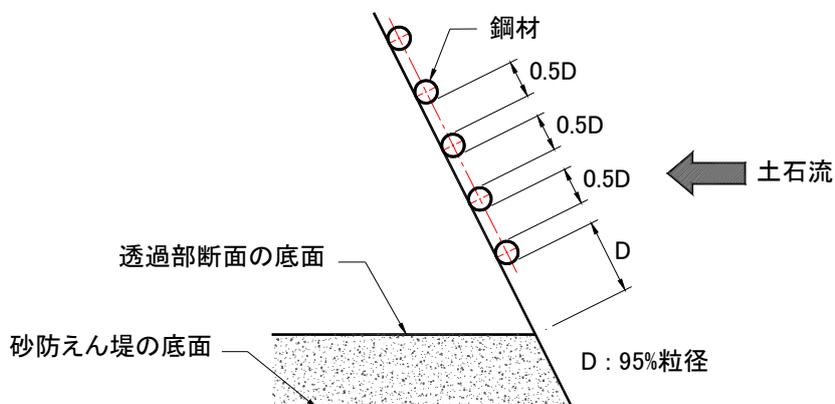


図 R 3.2.2 透過型砂防えん堤上流面の鋼製棧の間隔

b) 流路工

流路工は、流路の是正による乱流防止および縦断勾配の規制による縦・横侵食の防止を目的とした構造物である。

i) 計画対象流量

流路工の計画対象流量は、溪流全体の施設対策が進捗していることから、土砂含有量の減少した洪水流量を対象とする。本検討では、上流の砂防えん堤工事が施工済みとして、計画洪水ピーク流量に5%の土砂含有率を考慮した値とする。

ii) 断面設計

流路工の計画断面は単断面とし、設計流量を安全に流下することのできる水深に下記の余裕高を加えた値とする。

表 R 3.2.6 流路工の余裕高

対象流量	余裕高 (ΔH)
200 m ³ /sec 未満	0.6 m
200~500 m ³ /sec 未満	0.8 m
500 m ³ /sec 以上	1.0 m

iii) 法線形設計

流路工の法線は流水のスムーズな流下を図るため、また、将来の維持管理を考慮しできる限り滑らかなものとする。

iv) 縦断形設計

流路工縦断勾配は、上流部より下流部にかけて次第に緩勾配になるように急な勾配変化を避けて計画する。また、破堤・決壊等の危険性が高い築堤方式は避け、掘り込み式として最低河床標高を設定する。

c) 床固工

床固工の設計は、砂防えん堤の設計の考え方に準じる。

d) 導流工

導流工は、土石流を安全な場所まで導流することを目的とした構造物である。

i) 計画対象流量

導流工の計画対象流量は、計画規模の土石流ピーク流量とする。既存施設がある場合は、既存施設の対象溪流に対する整備率分だけ土石流ピーク流量が減少すると仮定して決定する。ただし、降雨量から求められる水のみを対象流量に10%の土砂含有を加えた流量を下まわらないものとする。

ii) 断面設計

導流工の計画断面は単断面とし、土石流水深に下表に示す余裕高を加えた値とする。また、導流工の幅は原則として3 m以上とする。

表 R 3.2.7 導流工の余裕高

対象流量	余裕高 (ΔH)
200 m ³ /sec 未満	0.6 m
200～500 m ³ /sec 未満	0.8 m
500 m ³ /sec 以上	1.0 m

iii) 法線形設計

土石流導流工の法線形は、できる限り直線とし、地形および土地利用等の理由によりやむを得ず屈曲させる場合は円曲線を挿入し、原則として中心角 30° 以下とする。

iv) 縦断形設計

土石流導流工の断面形は、急な勾配変化をさけ、掘り込み方式を原則とする。

3.2.3 概算事業費算定方法

1) 事業費の構成

事業費は、下記の項目より構成される。

- ① 直接・間接工事費 材料費、機械費、労務費及びその管理費等
- ② 設計・施工管理費 施設の設計、図面作成、工事技術管理費等
- ③ 事務管理費 行政側管理費
- ④ 工事予備費 追加工事のための予備費
- ⑤ 税金 上記①～④にかかる税金
- ⑥ 物価上昇予備費 上記①～⑤の物価上昇に対する予備費
- ⑦ 補償費 土地収用補償、作物収穫補償費等

ここでは、上記①～⑤の合計を工事費、上記①～⑥の合計を事業費（工事費＋物価上昇予備費）として取り扱う。補償費は発生しない。

事業費積算にあたっては2005年1月時点の物価及び外貨交換レートを適用する。外貨交換レートは、1 US\$=8.2865 中国人民元=102.44 日本円である。また、物価上昇予備費は、年率2%の物価上昇率として算出する。

2) 工事費の算出方法

工事費の費用構成などについては、中国の積算資料である雲水規聯（雲南水利規範 聯合文件、1994）第25号、水建（水利建築文件、199）第243号、雲水政（1994）

14号、水利部水部水人勞（1993）190号、水利部能源水規（1991）1272号等を参考に、人件費、機械費、材料費については、東川区烏龍河流域で行われた砂防工事報告書、周辺地区の現行価格等を参考にする。

人件費、主な材料費について、下表に整理する。

表 R 3.2.8 東川区における人件費及び主な材料費

項目		単価
人件費	普通労働者	20～30 元/日
材料費	コンクリート	400 元/トン
	練石積み用の石	70 元/m ³
	鋼材	1,600 元/トン

また主な工種の工事単価細目を下記に示す。

表 R 3.2.9 工種の工事単価細目

単位：元/m³

工種	人件費	材料費	機械費・施工費等	合計
練石積み工	22	120	22	164
コンクリート工	38	155	42	235
掘削工	13			13

上記工事単価に、設計図面等から算出した工事数量を乗じたものが直接工事費となる。①間接工事費、②設計・施工管理費、③事務管理費、④工事予備費、⑤税金分については、東川区流域で行われた砂防工事の例を参考とし、直接工事費の15%とする。

3.2.4 便益算定

土石流対策の便益として、基本計画の検討と同様に、土石流被害軽減便益と農地開発便益を計算する。ただし、基本計画検討では土石流氾濫区域の推定に簡易手法を用いたが、今回はより精度高く推定するために、各優先流域毎に広域ハザードマップ作りの一環として作成した2次元モデルを用いて土石流氾濫計算を実施する（2.3.1 土石流氾濫解析による土石流災害危険区域の推定を参照）。

1) 被害額軽減便益

a) 被害算定項目

被害額として計上する項目は基本計画検討と同様に以下の項目とする。ただし、豆腐沟、桃家小河の橋梁破壊に伴う交通断絶被害については、迂回路があること、交通量が小さいことから無視できるとして除外する。

表 R 3.2.10 被害算定項目一覧

被害の種類		対象	備考	
直接被害	家屋被害	4 優先小流域		
	家財被害	4 優先小流域		
	農地被害 (水田、畑)	直接的浸水被害	4 優先小流域	
		本川閉塞浸水被害	豆腐沟、桃家小河	
	公共施設被害	一般	乌龙河、东川市街地	家屋被害の 50%
		橋梁	豆腐沟、桃家小河	100 年確率土石流で 50%の被害
		団結渠堰	桃家小河	100 年確率土石流で 50%の被害
人命被害	家屋全壊	4 優先小流域	日本の算定式採用	
	橋梁破壊	豆腐沟、桃家小河	1985 年の老干沟の災害を参考	
間接被害	営業損失	4 優先小流域	家屋被災世帯の年収 25%減	
	団結渠堰破壊による農業被害	桃家小河	100 年確率土石流で 10%の被害	

b) 土石流発生確率と被害軽減

基本計画検討同様に粘性土石流溪流である豆腐沟では 5 年確率以上、他の流域では 5 年～10 年確率以上の降雨の場合、土石流が発生するものとする。

また东川市街地流域の土石流対策の計画規模は 100 年確率であるので、100 年確率までの被害は 100%、対策によって削除されるものとする。一方、他の流域は 20 年確率で対策工は整備されるため、20 年確率を超える土石流による被害を 100%削減することはできないが、20 年確率時の被害額は削減されるものとする。

c) 氾濫水深および資産算定

土石流氾濫水深として、二次元土石流氾濫解析結果を用いる。計算にあたって各流域の土石流氾濫原を 25m メッシュ (625m²) に分割した (メッシュ数は豆腐沟では 158 x 194 = 30,652 個、乌龙河では 99 x 179 = 17,721 個、东川市街地では 253 x 187 = 47,311 個、桃家小河では 259x148=38,332 個である)。計算の結果として各メッシュ毎に氾濫水深、流速などの水理量が求まる。

一方、今回作成した 1/5,000 数値地形図から GIS を用いて、各メッシュに占める市街地、農地 (水田、畑) 面積を抽出した。さらに东川市街地では建蔽率 60%、家屋 1 単位を 80m² と推定し、その他の流域の市街地では建蔽率 50%、家屋 1 単位を 100m² とし、市街地面積から家屋数に変換した。东川市街地中心部は事務所や商店、集合住宅などの大型ビルが混在するが、単位面積当りの資産額は一般家屋とそれほど変わらないものとする。全て 1 単位 80m² の家屋として家財を含め資産を計上する。

各流域での家屋、家財の資産額、年収、農業生産額については、村民委員会へのアンケート調査結果や昨年度の住民意識調査結果などを参考に流域毎に設定した。

d) 被害率

家屋、家財、農地 (水田、畑) の被害率については、「土石流対策事業の費用便益分析マニュアル (案)、日本国国土交通省」の値を参考に、氾濫水深に応じて設定する。

また橋梁や桃家小河の団結渠堰については、被害率は土石流量に比例するものとして、100年確率時の土石流量のときに50%とする。その他一般の公共資産に対する被害額は家屋被害額の50%とする。

e) 人命被害

基本計画検討同様に、50年確率以上の土石流時について、家屋の全壊および道路橋梁を通過中に土石流の直撃を受けた場合の人命被害を想定する。人命の価値は逸失利益として年収の15倍を仮定する。

i) 家屋の全壊による被害

全壊家屋数については、以下に示す「土砂災害防止に関する基礎調査の手引き、平成13年6月、財団法人砂防フロンティア整備推進機構」の建築物倒壊の判定式により、全壊家屋数を算定する。

F_d （土石流流体力） $\geq P_2$ （建築物耐力）のとき倒壊

$$F_d = \rho_d \cdot U^2$$

$$P_2 = 35.3 / (H_3 \cdot (5.6 - H_3))$$

ここに ρ_d : 土石流密度 (t/m³)

U : 土石流流速 (m/s)

H₃ : 土石流の高さ (m)

上式の水理量は土石流氾濫計算の25mメッシュ毎に求まる。

家屋の全壊による死者数は、日本における土石流被害に関する人的被害と家屋被害に関する調査結果に基づいた、下式によって、50年確率以上の土石流について算定する。

$$Y = 2.600 \cdot X^{0.663}$$

ここに X : 全壊家屋数

Y : 死亡者数 (人)

ii) 橋梁通過中の土石流直撃事故

通行中の直撃による死者については、1985年に老干沟で土石流が走行中のバスを襲い、12名が死亡した事例を参考とする。豆腐沟や桃家小河ではこのような事故が起こりうるとして、100年確率土石流で12名が、50年確率以上の土石流では土石流量に比例して死者がでるものとした。

f) 間接被害

間接被害として営業損失被害、桃家小河の団結渠堰被害による農業被害を計上する。営業損失被害としては、家屋被害を受けた家庭の収入が3ヶ月間停止するものと仮定し、年収の25%を損失するものとする。団結渠堰が被害を受けた場合の農業被害は100年確率土石流で10%の被害を受けるものと仮定し、20年確率以上の土石流で、土砂量に比例して被害を受けるものとする。

g) 年平均被害額の算定

各溪流毎に5年～100年の現状の施設条件で土石流氾濫計算を行い、上記の方法によって確率規模別の被害額を計算する。さらに年平均被害軽減額を生起確率を考慮した期待値として計算する。

2) 農地開発便益

優先小流域での土石流対策検討溪流の河川敷や扇状地には現在土石流氾濫原として放置されている土地があり、土石流対策工事に合わせての農地開発が可能である。今回作成の数値地形図から判断すると、豆腐沟流域で1,000畝、乌龙河流域で100畝、桃家小河で300畝、計1,400畝の農地開発が見込まれる。

この農地開発による便益は、現地で栽培されている作物の収穫高から50%の生産コストを除いて、各流域毎に以下のように設定する。

表 R 3.2.11 流域別の農地開発便益

流域	農地開発便益 (元/畝/年)	想定した作物
豆腐沟	550	とうもろこし、サツマイモ
乌龙河	1,300	水稻、野菜
桃家小河	1,300	水稻、とうもろこし

3.3 水系砂防対策

3.3.1 適用される対策

基本計画策定の段階で検討されたように、水系砂防対策で基本的に適用される対策としては大きく下記の2つがある。(1)生物的対策及び(2)構造物対策。

1) 生物的対策

生物的対策では、それぞれ主に荒山草地及び崩壊地に対し、各土地の状況によって造林もしくは造林+山腹工を施す。各土地の状況と生物的対策の組み合わせは次の通りである。なお標高3,000m以上、傾斜角度45度以上の荒山草地、崩壊地については現実的に造林や山腹工の設置が難しいところから生物的対策工の適用地からは除く。

表 R 3.3.1 生物的対策の組み合わせ

土地の状況		生物的対策	適用
荒山草地		造林	標高 3,000m以上、傾斜角度 45 度以上の土地を除く
崩壊地	荒山草地	造林+山腹工	
	耕地	造林+山腹工	
	林地	造林+山腹工	

傾斜農地(25度以上)の造林(退耕還林)は、土砂流出の増大、流域の荒廃、災害の増大、収入減・貧困増加、傾斜農地の開発といった土砂災害・自然環境劣化の悪循環を断ち切るためには必要不可欠な対策であり、中国政府も国家プロジェクトとし

て推進している。しかし、以下の理由から、フィージビリティ調査の対象には含めていない。

- 傾斜農地での造林はその農地を生活の糧としている農民の生活基盤を喪失、しいてはその地域社会の破壊に繋がりにかぬないため、その実施については現地農民の生活習慣に関する基礎情報の整理から、生活補償、代替地の確保等の検討の下に、住民の参加による合意形成を図りながら慎重に進めていく必要がある。
- 上記プロセスには、年単位での相当な時間を要すると考えられるのに対し、本調査で予定されている F/S 調査期間は数ヶ月であり、この短期間の間に退耕還林の妥当性の結論を出すのは、非常に困難である。
- また工事費で見れば、この退耕還林は緊急プロジェクトの全工事費のわずか 5%に過ぎず、まず退耕還林を除いた 95%の部分の妥当性を確認することが、事業を早期に始めるために重要と考えられる。

2) 構造物対策

水系砂防対策で適用される構造物対策は、次の 2 つである。

- ガリー侵食地に対する谷止め工の設置
- 傾斜農地の棚畑（田）化

3.3.2 対策の検討手順および数量算定条件設定

ここでは、各対策の検討手順と各優先流域での計画策定に必要なかつ共通な項目である工事費単価・便益算定原単位などについて述べる。

1) 生物的対策（造林及び造林＋山腹工）

生物的対策の基本的手順は次のようである：

- (a) 各土地面積の確認
- (b) 各土地の特性・課題の確認
- (c) 基本条件の設定
- (d) 便益算定
- (e) 工事費の算定
- (f) 計画策定

以下にその手順の内容を説明する。

a) 各土地面積の確認

生物的対策の対象となるのは前節に述べたように、荒山草地及び崩壊地である。このうち荒山草地については造林のみを行うが崩壊地については造林のみでは斜面が安定しないため、山腹工を行ったのち造林を実施する。この荒山草地及び崩壊地の土地面積については以下の要領で求める。

i) 荒山草地

荒山草地は今回新たに作成した縮尺 5,000 分の 1 地形図から得られた土地利用図（GIS データ化）に基づいて選定、その面積を算定する。但し、この荒山草地は 5,000 分の 1 地形図においてもまだその分類の中には造林の

対象とはし難い岩地や、小規模の雑木が見られたり、造林が既に行われたり、また農耕地になっている部分がかかり含まれる。この荒山草地面積のうち何割が最終的造林の対象面積とすべきかは、難しい問題ではあるが、航空写真での判読、基本計画検討段階で東川区における荒山草地面積と林地用地（無林地部分）との割合がほぼ80%であったところから、今回得られた荒山草地面積の80%を造林対象面積として適用する。

ii) 崩壊地

崩壊地は同じく今回新たに撮影した縮尺 20,000 分の 1 の航空写真判読に基づき選定する。この航空写真判読及び土地利用図の重ね合わせからそれぞれ草地、耕地、林地での崩壊地面積を算定する。

b) 造林実施のための各土地の特性・課題の確認

上記で選定、算定された各面積に対して、その土地について主に以下の特性を検討する。

- 各土地の標高及び傾斜角度
- 降雨量、水の不足状況及び土壌
- 住民の経済林・薪炭林に対する必要性
- その他、当地域における課題など

i) 各土地の標高及び傾斜角度

各土地の標高、傾斜角度、斜面の向き、土壌、その他交通の便などが樹種の選定に影響する。造林樹種の絞り込みは各造林対象地のこういった特性を配慮して行う。この条件と樹種の関係は表 3.3.1 に示す。ただ、傾斜角度については、45 度以下までは基本的にそれほど植樹選定に影響しないと考えられる。

ii) 降雨量、気温、水の不足状況及び土壌

降雨量・気温については、当流域の降雨観測から地域的分布は観測所数が少ないため明らかでないが、一応標高によって次の関係が得られている。

表 R 3.3.2 流域の気象特性

標高 (m)	気候帯	年平均気温 (C°)	年間降雨量 (mm)	年間蒸発量 (mm)
900~1,300	亜熱帯半乾燥河谷区	20	700	2,100
1,300~2,300	温暖帯半湿潤山地区	13	830	1,000
2,300~3,300	寒温帯湿潤山地区	7	1,200	900

樹種選定に当たってはこういう傾向に配慮して選定する。また土壌については前述の各地域での特性を考慮して選定する。

iii) 住民の経済林・薪炭林に対する要望

前述のワークショップの結果等をみると住民からの造林の希望として経済林の要望や薪炭林の要望が高い。本来この要望については、その可能性と実現性を判断して取り込む必要があるが、各地域の土壌・水供給の可能

性など細かな情報を取り込むことは、この段階では難しい。一方、林業局としては、次のことから経済林をあまり多くすることは現実的でないと指摘している。

- 経済林の場合、住民の希望が強いのは理解出来るが、現実には、荒地・草地で経済林を造林することは経費が非常にかかる上、維持管理が難しく可能性は低い。
- また経済林の場合、植樹の間隔を十分とる必要があるため、水土保持上の効果は低い。
- 市場の状況によって生産物の値段が上下するため、必ずしも期待通りの投資に見合った収入が得られない。
- 薪炭林の場合は、生態林での目的も果たすところからある程度生態林でカバーできる。

本調査の造林目的は貧困対策も含まれるものの、水土保持をまず第1に考えていることから、林業局とも確認の上、生態林・経済林・薪炭林の割合としては現在適用されている、東川区：80%：8%：12%、会泽県：80%：5%：15%を採用する。

iv) その他、当地域における課題など

その他、各流域の課題として、主には水の供給施設の必要性、材料の入手、道路等インフラの整備状況等を勘案して、必要に応じて取り入れる。

c) 造林実施の基本条件の設定

前述の各土地の特性・課題を確認の上、造林する上で必要な、主に以下の基本条件を設定する（尚この造林計画では活着率について、過去の実績を基に85%を想定しており、そのために育成と養護の費用を造林単価の中に含める）。

- 各生態林・経済林・薪炭林に対する樹種の設定
- その他造林に必要なインフラ（管理道路・苗の確保・管理施設等）

このうち、生態林・経済林・薪炭林に対する樹種の設定は以下の手順で行う。

- (i) まず草地・半荒れ草地を大きく10～20のブロックに分割し、各ブロックの面積を計算する。
- (ii) 更に各ブロックについて、1/5,000の地形図上にある土地利用の草地・半荒れ草地の境界小単位ごとにその高さ、周辺の土地利用を参考に造林する樹種を選定する。（各ブロックで10～15位の境界小単位に分割される。）
- (iii) 各土地利用境界での造林樹種を各ブロックで集計し、ある程度前述の割り振りになるように造林樹種の面積を配分する。（この場合、ブロックごとでは地形などの条件から造林樹種も限られるため必ずしも前述のように80:8:12（もしくは80:5:15）の割合にはならないが、最終的に流域全体ではその割合に近くなるように面積を調整する。）

d) 造林単価の設定

前述の造林に必要な各種単価を設定する。造林の単価は主に（i）造林そのものに必要な費用及び（ii）付帯施設費用からなる。

i) **造林そのものに必要な費用**

前述の造林に必要な各樹種の単価を設定する。単価は基本的に種子・苗木代、運賃、整地費用、植栽費用、農薬、養護費、肥料、病虫害防止費、育成、その他で構成される。これらの各項目別単価は現地聞き込みによる単価を適用する。表 3.3.2 に樹種ごとの造林単価を示す。

ii) **造林の付帯施設及び管理機材**

付帯施設としては道路、保護員小屋また管理機材がある。これら、道路、保護員小屋の設置基準は、雲南省の付帯施設設置基準（「雲南省国营林場設計規程」）に基づいて、次の値を採用する。

表 R 3.3.3 付帯施設設置基準

対策内容		対策基準量
道路	防火帯道路	10m/ha
	巡視用簡易道路	10m/100ha
	歩行用道路	50m/100ha
保護員小屋 (20m ² /人)		保護員 5-6 名に 1ヶ所 (保護員は 1人/0.7km ² (1人/1000 畝) の割合で配置)

これら付帯施設の単価は表 3.3.3 に示す通りである。

iii) **維持管理費**

維持管理費は車両・事務所機材、保護員給与、付帯施設補修などが含まれる。（造林そのものの養生・保育は別途造林費用に含まれている。）この費用は 4 流域全体で以下の表のようになる。

表 R 3.3.4 維持管理費

項目	細目	数量	価格(千元/年)
造林事業管理弁公室	車両・事務所機材	1式	30
流域造林管理所	車両・事務所機材	1式	60
人件費	保護員給与	75名	450
付帯施設補修	道路・保護員小屋	1式	5
その他雑			1
計			546

この費用は後に述べる 4 流域の初期投資費用(総計:117 百万元)の約 0.5% に相当する。ここではこのことから年間の維持管理費用としては初期投資費用の 0.5%を見込む。

e) **適用する山腹工法**

前述のように、崩壊地に対しては造林の前に山腹工を実施する。この山腹工については、小規模崩壊地では本計画で検討された編柵工（木杭+粗朶）、竹筋工（竹杭+割竹）を、現地での素材の入手しやすさによって適用する。また大規模崩壊地では法面裸地に種子を拭きつけた際にその種子の流出を防ぐため、むしろで被覆（むしろ伏工）する。

この編柵工、竹筋工、むしろ伏工単価は小江流域で山腹工 0.08ha 分を設置したとして試算した費用から求めた。図 3.3.1 に山腹工の標準図、表 3.3.4 に山腹工の単価を示す。

f) 各種対策による生産土砂抑制効果

造林及び造林+山腹工を実施することで、考えられる生産土砂抑制効果は基本計画検討段階でも述べたように次のものである。

i) 表面侵食抑制効果

新規造林実施により表面侵食土砂量が抑制される。草地・半荒草地の造林による表面侵食抑制土砂量は $2,700\text{m}^3/\text{年}/\text{km}^2$ ($1.8\text{m}^3/\text{年}/\text{畝}$) と算定されている。また崩壊地に対して造林とともに設置する山腹工による表面侵食抑制土砂量として $10,000\text{m}^3/\text{年}/\text{km}^2$ ($6.67\text{m}^3/\text{年}/\text{畝}$) を採用する。

ii) 新規崩壊抑制効果

造林による表面侵食抑制効果の他、新たな崩壊の発生抑制効果として $1,600\text{m}^3/\text{年}/\text{km}^2$ ($1.07\text{m}^3/\text{年}/\text{畝}$)、また山腹工（造林を含む）による拡大崩壊抑制量として年間拡大崩壊抑制量： $55,000\text{m}^3/\text{年}/\text{km}^2$ ($36.7\text{m}^3/\text{年}/\text{畝}$) を採用する。

上記各対策による生産土砂抑制効果をまとめると以下のようになる：

表 R 3.3.5 生産土砂抑制効果

効果内容	対策内容	効果量
表面侵食抑制効果	草地・半荒地の造林	$2,700\text{m}^3/\text{年}/\text{km}^2$ ($1.8\text{m}^3/\text{年}/\text{畝}$)
	山腹工設置	$10,000\text{m}^3/\text{年}/\text{km}^2$ ($66.7\text{m}^3/\text{年}/\text{畝}$)
新規崩壊抑制効果	草地・半荒地の造林	$1,600\text{m}^3/\text{年}/\text{km}^2$ ($1.07\text{m}^3/\text{年}/\text{畝}$)
	山腹工設置	$55,000\text{m}^3/\text{年}/\text{km}^2$ ($367\text{m}^3/\text{年}/\text{畝}$)

g) 便益算定方法の検討

生物的対策を導入することによる便益算定方法について検討する。便益算定の基本的項目としては、基本計画で検討した次の項目である。

- 水系砂防対策による生産土砂抑制効果
- 造林による温暖化ガス吸収効果及び保水効果
- 経済林造林による生産物販売効果

これら便益の各原単位は次のようである。

i) 水系砂防対策による生産土砂抑制効果

抑制効果の便益原単位としては、河床に堆積した土砂を排除するための費用が軽減されるものとして計算する。この費用の検討例として既存報告「四川省安寧河流域造林計画調査（2002年7月）」を参考に、 $9\text{元}/\text{m}^3$ を適用する。

ただし、この効果が 100% 発揮されるのは樹木がある程度成長した後であり、ここではこの樹木の成長期間を平均的に 8 年間として、それまでの期間については、ゼロから直線的に便益が増加するものとして計算を行う。

ii) 温暖化ガス吸収効果

現在中国では水土保持のための造林を目的として造成された人工林の炭酸ガスの吸収による地球温暖化防止効果の国家的便益として年間成木林 1 ha 当たりの経済的効果を 743 元として計上している。この炭酸ガス吸収効果原単位の妥当性について、種々の文献で種々の数字が提案されており、一概に判断することは難しいが、日本で適用されている（約 4,000 元/ha）値に対して、日本と中国の物価の差を考えた場合それほど異常な数字とは思えないことから、この 743 元/ha/年（49.5 元/畝/年）を適用する。

なお、この効果についても、i) 生産土砂抑制効果と同様、8 年後に 100% の効果が発揮されるものとして計算する。

iii) 保水効果

造林による保水効果としては、近隣流域で水文条件が似通っている四川省西昌市の推定値（年間 1 ha 当たり 1,040 m³/ha/年（69.3 m³/畝/年）：四川省安寧河流域造林計画調査報告書）を採用する。

この保水効果に対して、農業用水に 8 割（料金：0.025 元/m³）、生活用水に 2 割（料金：1.5 元/m³）とした場合の荷重平均値（0.32 元/m³）を乗じて得られる便益原単位 333 元/ha/年（22.2 元/畝/年）を適用する。

この保水効果も植樹後 8 年で 100% 発揮されるものとする。

iv) 経済林生産効果

今回の造林として、住民の希望から場所によっては積極的に経済林を導入することになる。この経済林の導入効果は、その経済林の持つ生産物からその生産コストを引いたものが便益としてカウントされる。この便益としては、当流域の最も一般的に植樹されている石榴を基本として、7,500 元/ha/年（500 元/畝/年）を採用する。

上記の各便益に対する原単位をまとめると以下の表のようになる。

表 R 3.3.6 水系砂防便益項目及び原単位

項目	原単位
生産土砂抑制効果	9 元/m ³
温暖化ガス吸収効果	743 元/ha/年(49.5 元/畝/年)
保水効果	333 元/ha/年(22.2 元/畝/年)
経済林生産効果	7,500 元/ha/年 (500 元/畝/年)

h) 対策諸量の決定

上記基本条件及び単価・原単位に基づき、以下の各諸量を決定する。

- 各種項目の数量設定

- 工事費積算
- 便益の算定

2) 構造物対策

a) ガリー侵食地に対する山腹工の設置

ガリー侵食地にたいする構造物対策としては以下の手順で検討する。

- (i) ガリー侵食距離の算定
- (ii) 対策工法の選定
- (iii) 単価、数量及び工事費算定
- (iv) 便益算定

i) ガリー侵食距離の算定

ガリー侵食距離については、今回新たに作成された 20,000 分の 1 航空写真を用いての地形判読から、ガリー侵食地を含む 0 次谷を確定し、GIS データ化し延長を求める。現実にはガリー侵食地と 0 次谷の区分けは航空写真による判読では難しく現地踏査による判定が必要であるが、このすべてのガリー侵食地、0 次谷を踏査するのは時間的に困難である。

代表的な現地視察では、この 0 次谷とガリーの割合は概ね 1:1 であるところからこのガリー侵食地を含む 0 次谷の延長の 50% をガリーの延長とする。ただし、ガリー区間をすべて対策するのは現実としてほぼ不可能なところから、さらにガリー延長の半分について後に述べる侵食対策工を設置する。

ii) 対策工法の選定

対策工法としては、ガリー侵食に対する谷止め工を設置する。この谷止め工は、既に現地で数箇所の適用例があり、また現地資材の入手容易さ、施工の経験などを考慮し石積みによる谷止め工を適用する。

谷止め工の適用する間隔はガリーの堆砂勾配から求められるが、この堆砂勾配はガリーの場合土砂供給が非常に多いことからかなり元河床勾配に近づいて安定することが考えられる。

ここでは元河床勾配の 80% (5 分の 4) として配置する。(後述するように、各ガリーの平均河床勾配を地形分類図か求めたところほぼ 15 度という結果が得られた。この 15 度の 80% の角度で安定すると考えると図 3.3.2 に示すように平均 37m に 1 基設置することになる。)

iii) 単価、数量及び工事費算定

谷止め工の単価は、現地聞き込みによる石材単価及び谷止め工の単位体積当たりの数量を想定して求める。(図 3.3.2 参照) またこれに前述のガリー延長距離から必要な谷止め工の設置数量を求め、これに単価を乗じて工事費を算定する。

なお谷止め工単価は 3,640 元/基を用いる。

iv) ガリー侵食防止対策効果

ガリーに谷止め工を設置することによる侵食防止効果として、基本計画段階で算出した 400 m³/km/年を適用する。

v) 便益算定

ガリー侵食防止による便益は、上記のガリー侵食地から流出してくる表面侵食による生産土砂の抑制効果である。この生産土砂抑制効果に対する便益原単位は前述の 9 元/m³適用する。

以上ガリー侵食防止対策に対する工事費単価、抑制効果、便益原単位をまとめると以下の表のようになる：

表 R 3.3.7 ガリー侵食防止対策の単価、抑制効果及び便益原単位

項目	数量
ガリー侵食防止対策工事費単価	3,640 元/基
侵食防止効果量	400 m ³ /km/年
便益原単位	9 元/m ³

b) 傾斜農地の棚畑（田）化

傾斜農地の棚畑（田）化については以下の手順で検討する。

- (i) 傾斜農地及び棚畑（田）化対象面積の選定
- (ii) 傾斜農地の棚畑（田）化工法の選定
- (iii) 単価、数量及び工事費の算定
- (iv) 便益算定

i) 傾斜農地及び棚畑（田）化対象面積の選定

棚畑対象面積は以下の手順で算定する。

- 今回新たに作成された 5,000 分の 1 地形図から得られた土地利用図を基にすべての農地を選定する。
- この農地から傾斜農地を対象に 2 万分の 1 航空写真を実態視し棚畑(田)化が既に行われている農地を除いた傾斜農地を選定する。
- この傾斜農地のうち傾斜分布図を基に、傾斜角度を調べ傾斜角度が 15 度～25 度の農地の最終的に棚畑（田）化対象面積として選定する。

ii) 傾斜農地の棚畑（田）化工法の選定

傾斜農地の棚畑（田）化工法は基本的には（1）法面には何もせず土を切り盛りしただけの場合と（2）石積み工で法面を保護する場合の 2 ケースがある。この違いは前者が初期投資が安い分維持管理に費用がかかるのに対し、後者ではその逆の結果となる。ここでは、維持管理費を出来るだけ削減するため後者のケースを適用する。

iii) 単価、数量及び工事費の算定

上記工法の単価及び棚畑(田)化の面積を求め、工事費を算定する。単価としては標準的な施工を想定して求めた 2.3 元/m² (1,530 元/畝) を適用する。

iv) 棚畑(田)化による侵食防止対策効果

傾斜農地を棚畑(田)化することによる侵食防止効果として、基本計画段階で算定した 4,000 m³/年/km² を適用する。

v) 便益算定

棚畑(田)化することによる効果として、土砂生産抑制効果及び農地改良効果が考えられる。農地改良効果は、増収効果及びコスト削減効果それに、作業が容易になる効果があげられるが、これらを定量的に計算することは難しいところから、基本計画段階で検討したように農地のリース料の差額を基に 0.15 元/m²/年(100 元/畝/年) を適用する。

以上傾斜農地を棚畑(田)化することについての工事費単価、抑制効果、便益原単位をまとめると以下の表のようになる：

表 R 3.3.8 棚畑(田)化の単価、抑制効果及び便益原単位

項目	数量
棚畑(田)化工事費単価	2.3 元/m ² (1,530 元/畝)
侵食防止効果量	4,000 m ³ /年/km ²
便益原単位	0.15 元/m ² /年(100 元/畝/年)

3.3.3 計画策定

1) 生物的対策(造林及び造林+山腹工)

前述の手順により最終的に基本量の設定、便益、工事費を算定し生物的対策の計画策定を取りまとめる。基本的なアウトプットとしては次のものである。

表 R 3.3.9 生物的対策計画作成のアウトプット

生物的対策	アウトプット
荒山草地に対する造林	<ul style="list-style-type: none"> 標高別、傾斜別造林の面積と造林樹種 造林に必要な付帯施設 造林工事費とその便益
崩壊地に対する造林および山腹工	<ul style="list-style-type: none"> 標高別、傾斜別造林の面積と造林樹種 山腹工の数量 造林工事費とその便益

2) 構造物対策

構造物対策では前述のようにガリー侵食地に対する山腹工と傾斜農地の棚畑（田）化の事業である。この構造物対策のアウトプットは次の通りである。

表 R 3.3.10 構造物対策のアウトプット

構造物対策	アウトプット
ガリー侵食地に対する谷止め工	<ul style="list-style-type: none"> ガリー侵食地の延長 谷止め工数量 ガリー侵食防止工事費とその便益
傾斜農地の棚畑（田）化	<ul style="list-style-type: none"> 対象となる傾斜農地面積 棚畑（田）化工事費及びその便益

3.4 非施設対策

3.4.1 ハザードマップの作成・活用

ハザードマップは防災対策の重要なツールとして世界各国に使われ始めている。一般にその効果は、対象を行政と住民に分け、以下のようにまとめられる。すなわち行政の「知らせる努力（土砂災害の実態や危険区域の公表等）」と住民の「知る努力（危険性の認知・避難方法の認識）」が相乗的に働くことを期待し、これらの努力を促すことで、土砂災害被害の低減を図るものである。

表 R 3.4.1 ハザードマップ作成の効果

対象	目的
行政	<ul style="list-style-type: none"> 危険地域を予め知っておくことにより、災害時の救助活動などに活用できる。 土地利用計画作成の際、危険地域を開発対象から外すなど災害の危険を考慮した適正な土地利用の誘導を図れる。 構造物対策計画や住民移転計画の作成に活用できる。
住民	<ul style="list-style-type: none"> 住民が自ら身の回りの地域の災害危険箇所を予め知っておくことにより緊急時の対応（避難、救助など）がより容易になる。 住民が危険地域に住居・建物を建設することを控えるようになる。

本調査でもハザードマップの作成は非施設対策の重要な柱の一つであると位置づけており、調査団により日本での基準に沿って作成したりハザードマップや防災ワークショップ時に住民自身にハザードマップを描いてもらうなど、2種類のハザードマップを作成している。以下では、優先小流域でこのようなハザードマップの作成・活用について検討を行う。

1) 中国におけるハザードマップ作成・公開の現状

中国ではハザードマップ作成・公開は防災対策としてはまだ確立されていない。今まで災害危険箇所や危険度を示したハザードマップが作成されたことはあるが、右図に一例を示すように小縮尺だったりして、個々の地先での具体の防災活動に使えるものは公開されていない。

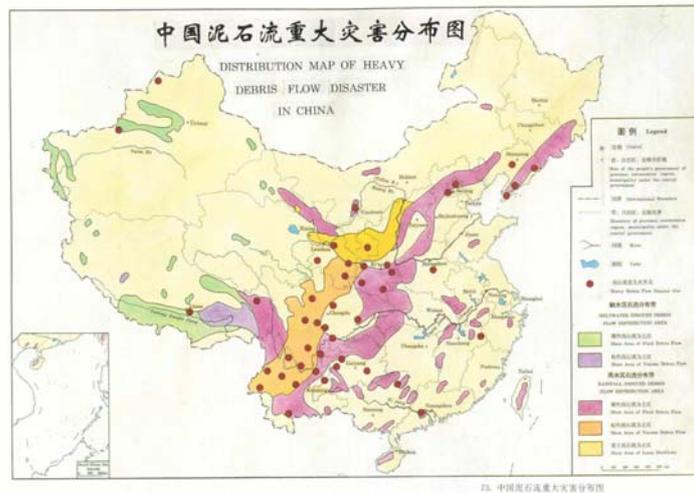


図 R 3.4.1 中国でのハザードマップの例

また今回調査団が作成したハザードマップについても前述したように、2005年9月1日の日中ハザードマップ技術交流会において中国側はハザードマップの公開には、実績がないなどの理由により、あまり積極的ではなかった。

しかし日本でもハザードマップの有効性が社会的に認知されるまでには10年近い年月を要したことから、これは無理からぬこととも云える。少しずつ実績を作りあげていく地道な努力が必要である。

2) 調査団によるハザードマップの作成

2.3 ハザードマップ作成で述べたように、優先小流域を対象に日本でのマニュアルを参考に、土石流（洪水を含む）、地すべり、急傾斜面崩壊の災害に関するハザードマップを作成を試みた。その結果は図 4.1.5、5.1.5、6.1.5、7.1.5 に示すとおりである。

作成したハザードマップの特徴は、一定の基準を用いて広範囲を対象に災害ポテンシャル地域を明らかにしている点にある。どんな災害が起こりうるか、マクロに把握できるという利点がある。したがって都市計画や土地利用計画の作成や開発事業の許認可にあたって、適切な土地利用となるよう規制や誘導を図る上で大いに役立つものである。また災害対策事業計画を作成する上でも広範囲のハザードマップが有効である。

しかし一方で、上記のハザードマップは精度面での限界がある。例えば地すべりや急傾斜地の警戒地域の抽出は、航空写真判読や地形図情報に基づいたものであり、ミクロなレベルでの地形、地質、植生情報、地下水位などの情報は不足しており、小規模な災害の表現や危険度の評価には至っていない。したがってこのハザードマップから具体の避難地の選定、移転事業の優先順序付け、さらに防災構造物の設計などを行うには難しい面がある。より精度の高いマップの作成のためには個別の現地調査（住民への聞き込み、現地踏査、現地での計測）などが欠かせない。

3) 住民自身によるハザードマップの作成

一方、住民自身は自分たちの住んでいる地域の災害についてどの程度認識しているのでしょうか。この疑問に対する手がかりを求めるために、2005年9月から10月にかけて計10回開催された防災関連ワークショップでは、参加した住民にその地区の地図を描いてもらい、それに災害地域（地すべり、土石流）などを加え、一種のハザードマップを作成してもらった。2004年に豆腐沟流域で実施したワークショップ時に作成した4地区のものと合わせ、計33地区の住民作成のハザードマップが得られたことになる。これらの33枚のハザードマップは「付属報告書Ⅰ非施設対策」に添付されているが、それらの代表として銅都鎮尼拉姑村芦柴塘（东川市街地流域）および乌龙鎮跑马村山尾巴（乌龙河流域）のものを以下に示す。



(1) 銅都鎮尼拉姑村芦柴塘



(2) 乌龙鎮跑马村山尾巴

図 R 3.4.2 住民作成のハザードマップの例

上記両地区は群測群防の重点地区になっており、特に芦柴塘は'97年の地すべりで6名もの犠牲者を出したことなどから、住民の防災意識は比較的高く、そのハザードマップは地域の災害状況を良く表している。例えば、ハザードマップから以下のような状況が読み取れ、却って調査団が作成したハザードマップと較べてより詳しい地域の情報を提供している。

芦柴塘では集落の北東部に大規模な地すべり地が存在し、'97年には大規模な地すべりが発生し、家屋を22軒破壊し、6名の命を奪った。残りの約200名の住民は集落の南西側の尾根上の農地に避難した。一方、山尾巴の集落の北側、西側には5本の土石流危険溪流があるが、集落の大部分は小高い丘の上であり、直接に土石流を受けることはない。しかし数軒は低地上にあり、'91年には土石流により3家屋が被害を受けているが、幸いにしてその3世帯は小高い集落へ避難したため、人的災害には至らなかった。

このように住民は住んでいる地域の災害現象をかなり正確に認識しているようであり、住民自身による質の高いハザードマップ作成の可能性を示唆している。しかし住民は足元の災害には敏感で、近接の地すべり、急傾斜地や土石流渓流については詳しいが、どうしても大規模な地すべりや遠方からの土石流については注意が回らないことが多い。したがって広域の立場からの行政の支援は不可欠であり、その場合、調査団が作成したような広域ハザードマップが有用である。

4) ハザードマップの作成・活用の基本方針

上記 2 種類のハザードマップの特徴や現在の中国でのハザードマップの取り扱いの現状を考慮して、以下のように 2 種類のハザードマップの作成・併用を提案する。

表 R 3.4.2 2 種類のハザードマップの利用方法

ハザードマップ	作成単位	作成者	利用者	利用目的
広域ハザードマップ	優先小流域毎	行政 (小江工程管理局) 当面は調査団作成のハザードマップを活用、5 年毎に見直しを行う。	行政： 小江工程管理局、 郷鎮政府、水務局、 国土資源局、 都市建設局、 林業局、農業局、 民生局など	<ul style="list-style-type: none"> 都市計画や土地利用計画の作成 開発事業等の審査 防災計画の立案
地区防災マップ	原則は小組毎 ただし东川市街地のような大規模扇状地部は村もしくは社区毎	住民が行政(工程管理局)の指導の下に作成。5 年毎に見直しを行う。	住民	<ul style="list-style-type: none"> 群測群防(警戒避難体制)の強化 住民の防災意識の向上
			行政： 小江工程管理局、 郷鎮政府、水務局、 国土資源局、 都市建設局、 林業局、農業局、 民生局など	<ul style="list-style-type: none"> 個々の地区での問題の把握 群測群防(警戒避難体制)への支援 移転事業計画立案

まず広域ハザードマップは行政(小江工程管理局)が優先流域毎に作成するものとし、一般には公開せず、関係行政機関で保管しそれぞれ都市計画、土地利用計画、開発事業の審査、防災計画立案などの参考資料とする。本調査で作成したハザードマップがそのまま使用できるであろう。しかし、土地利用などの変化に対応するため 5 年毎に見直し・更新するものとする。

地区防災マップはワークショップで住民が作成したハザードマップに避難地、避難ルートなどを書き加え、より避難活動に使いやすくしたものである。原則、各小組毎に、行政(小江工程管理局)の指導の下に住民が作成する。ただし东川市街地流域の扇状地上の市街地部については地形が比較的単純であるため、村民委員会または居民委員会毎の作成とする。作成にあたっては広く住民の意見を集約するため、調査団が行ったようなワークショップを開催するものとし、行政からの参加者は広域ハザードマップを参考にして助言する。作成したハザードマップは住民用に群測群防の観測員宅または村民委員会・居民委員会事務所内に掲示する。その他、コピーを関連行政機関が保管する。広域ハザードマップ同様に 5 年毎に見直しを行う。

3.4.2 群測群防（警戒避難体制）の強化

中国の土砂災害に対する警戒避難体制は、行政と連携し、小組程度を基本単位とした住民が主体となった群測群防という防災活動が基本となっている。群測群防は、日本では地域連携防災システム（Everyone Watching System）と称されるものに相当し、世界でも先駆的な試みと言える。2004年から施行された地質災害防除条例でも、この群測群防の強化が、土砂災害地域の県、郷、村の責務として掲げられている。

1) 群測群防システム

小江流域においても構造物対策と並んで群測群防が災害予防の柱となっている。東川区、会澤県では国土資源局が中心となって、地すべりや土石流などの土砂災害について優先小流域内で計36箇所の重点地区（危険地区）を定めて、住民群測群防を支援している。

表 R 3.4.3 優先小流域別土砂災害重点地区数

災害の種類	豆腐沟	乌龙河	东川市街地	桃家小河	計
土石流	2	7	1	2	12
地すべり	1	11	3	7	22
急傾斜地崩壊				2	2
計	3	18	4	11	36

重点地区では、雨季（5月1日～10月31日）には24時間体制で、村民委員会から任命した監視員1,2名を各危険箇所に配置し、災害の予兆を監視させるというものである。一度異常が確認されれば、村民委員会を通じて、各郷鎮の国土資源管理所もしくは国土資源局地質環境科に通報され、避難が必要と判断されれば、監視員の誘導の下、住民は避難することになる。情報伝達は基本的に電話（固定および携帯）が使われ、電話が通じない危険箇所の場合、歩いて村民委員会に出向くようである。大雨などの気象情報は逆のルートで危険箇所に伝達される。

住民の防災意識向上や災害時の対応に混乱のないように、重点区域の住民には予め、災害の種類、避難先、避難路、連絡先などが記入された明白カードが配られる。毎年、雨季前には国土資源局から郷鎮政府の担当者への指導訓練が行われ、郷鎮政府担当者が村民委員会を通じて、監視員の訓練指導を行うことになっている。

2) 群測群防の現状の問題点

実際の現場（小組レベル）では具体的にどのように群測群防が機能しているかについて、防災ワークショップにおいて住民に直に訊いてみた。以下にその結果を基に群測群防に関連した対象地区、監視員、監視活動、情報伝達、避難、教育・訓練・宣伝の6項目に分けてその問題点と想定される改善策案を下表にまとめる。総じて群測群防の現状は、主として資金不足や経験不足などの理由から政府の支援は充分でなく、住民の自発的な活動に頼るところが多く、組織的な木目の細かい支援にはなっていないようである。

表 R 3.4.4 群測群防に関わる問題点と改善策案

項目	問題点	改善策案
対象地区	<ul style="list-style-type: none"> ● 群測群防に対する支援は重点地区のみに限られる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 他の地区へ支援の拡大
監視員	<ul style="list-style-type: none"> ● 監視員は小組長もしくは村民委員会役員の兼任による1名か2名で、24時間体制で監視を行うには人数が足りない。 ● 監視員は無報酬であり、報酬を求める声がある。 ● 責任と権限が不明確。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 監視員の増員（最低2名） ● 監視員へ報酬の供与 ● 責任、権限の明確化、
監視	<ul style="list-style-type: none"> ● 地割れ幅、雨量などの計測機器は備えられていない。 ● 監視は地割れ幅、樹木の傾きなどの変化の目視による感覚に頼っている。 ● 監視活動の用具（雨具、懐中電灯、ヘルメットなど）は供与されていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 計測器具の設置 ● 監視活動用具の貸与
情報伝達	<ul style="list-style-type: none"> ● 村民委員会との連絡に、監視員が携帯電話を持っていないため歩いて行かなくてはならない小组がある。2～3時間かかるところもある。 ● ほとんどの小组は放送設備を持たないため、住民への連絡は呼び笛もしくは大声による呼びかけに頼らざるを得ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 村民委員会との間の通信施設の充実 ● 銅鑼もしくは放送設備の設置
避難	<ul style="list-style-type: none"> ● 安全な避難場所がない。 ● どこへ逃げたらよい分からない住民が多い。 ● 明白カードに記入された避難場所は「山の上の方」など具体的な場所ではない。 ● 避難場所を示した地図がない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● ワークショップによる避難場所の選定、防災マップの作成
教育・訓練・宣伝	<ul style="list-style-type: none"> ● 監視員への訓練は村民委員会での注意事項の説明に限られ、現場での具体的なものがない。 ● 避難訓練など住民に対する訓練が行われていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 現場での監視、情報伝達訓練を実施。 ● 避難訓練の実施

a) 対象地区

まず大きな問題として群測群防支援が重点地区に限られている点にある。重点地区は住民からの情報をベースに現地調査などを実施して定められたものであるが、調査団作成のハザードマップによればほぼ全ての山間部の集落（小组）は、少なくともその一部が地すべり、急傾斜地崩壊もしくは土石流の警戒地域に含まれている。またワークショップにおいても重点地区以外の住民も重点地区の住民同様に身近な災害の危険を訴えていた。

b) 監視員

監視員は小组長、村民委員会役員の兼任による1名か2名である。雨季の6ヶ月間一人で24時間体制で務めるのは物理的に無理があり、最低でも2名の監視員が必要である。また監視員全員無報酬であり、この重大な責務に対して無報酬というのは監視員のやる気を削ぐ一因になりうるし、実際に報酬を求める声がある。

c) 監視活動や情報伝達手段

また観測機器が設置されておらず、監視員の目視、感覚に頼っており、また雨具や懐中電灯などの用具も供与されていない。さらに個人の携帯電話が村民委員会との連絡用に使われているが、貧しくて携帯電話を買えない監視員もおり、その場合は徒歩により伝えに行かなくてはならない。また住民への危険を知らせる手段も、一部の集落には放送施設（アンプ、スピーカー、マイク）が小组

長宅などに備えられていたり、呼子笛が与えられているが、大声で呼びかけるしかないところがほとんどである。

d) 避難

災害危険箇所、避難場所、ルートなどを記した防災マップはない。重点地区においてもほとんどの集落で避難場所、ルートを具体的に決めていないようであり、明白カードでの避難場所の記述は「山の方」とか「上の方」などのあいまいな表現に留まっている。その理由としては、安全な場所に公民館のような堅牢な公共的建物あるわけでもなく、また集落の周りに適当な安全な場所が見つからないという問題がある。

e) 教育訓練・宣伝

監視員に関する訓練は、村民委員会での会議に群測群防に関する注意事項が与えられる程度、現場での具体の監視活動や情報伝達の訓練は行われていない。重点地区の住民への教育訓練としても明白カードの配布に留まっており、避難訓練などは一切行われていない。

3) 群測群防の効果と限界

群測群防の地すべりに対する効果については、事前に地すべりの予兆を察知することによって大事に至らなかった2、3の事例を小江流域関係者から聞いている。また、群測群防活動の先進的地域である云南省昭通市巧家県の同水利局の話によると、1991年に長江中上流地すべり土石流予警報システムプロジェクトの一環として群測群防活動を開始して以来、同県の9件の災害（地すべり8件、傾斜地崩壊1件）の予兆を感知して避難することによって、計464戸の1,907人が難を逃れ、また被害を逃れた財産額は847万元であったそうである。

また以上のような直接的な減災効果の他に、群測群防の活動を通じての住民の防災意識の向上という間接的な効果も期待できる。この住民の防災意識の向上は、森林の保護など自然環境の修復にも繋がるものである。

一方で、群測群防の限界についても認識しておく必要がある。この群測群防システムは比較的挙動のゆっくりした地すべりにはかなり有効ではないかと思われ、前述したような成功事例も上がっている。しかし突発性が強く、また一般に集落からかなり離れた上流で発生する土石流災害にはあまり有効ではないと思われる。群測群防の先進県である巧家県でも、監視対象は地すべりに主眼がおかれているようである。このような土石流に対しては、群測群防に加えて、別途、テレメータ雨量計や局地レーダ雨量計や土石流センサーなどを利用した予警報システムを構築することが望ましい。

さらにこのシステムは基本的に人力システムであり、監視員をはじめとする関係者の働き振りに大きく依存したシステムである。したがって適切な運用を担保するためには監視員の技術とモラルが肝要であり、そのための適切な報酬、機器、訓練を確保することが必要がある。

4) 群測群防の強化のための基本方針

以上述べたように群測群防については大きな改善の余地がある。そこで緊急プロジェクトにおいて下記の改善策を提案する。

a) 対象地区の拡大

調査団が作成した広域ハザードマップを基に、群測群防の支援の対象を重点地区以外へ拡大する。すなわち、広域ハザードマップの地すべり、急傾斜地崩壊の警戒区域に 10 戸程度以上の家屋がある集落を、全て群測群防強化対象候補地区とする。この候補地区からどの地区を実際に群測群防強化対象にするかについては、個々の候補地区に対して現地踏査、ワークショップを実施して災害の危険度、緊急度、住民のやる気などから総合的に判断して決めることになる。

下表は広域ハザードマップから抽出した各流域の群測群防強化対象候補地区数である。すなわち従来の 36 箇所に加えてこれらの 132 箇所を含めて候補地区とする。これらの地区の詳細については、次章以下の各優先小流域緊急プロジェクトの検討の中で述べる。

表 R 3.4.5 優先小流域別の群測群防強化対象候補地区

豆腐沟	烏龍河	东川市街地	桃家小河	計
7	59	23	43	132

b) 監視員の責務明確化と待遇改善

i) 責務

監視員としてでなく、群測群防活動全体の責任者として、住民から正副 2 名の担当者（主担当と補佐）を 1 集落（小組）に置くこととする。その主要な責務を以下のように提案する。

表 R 3.4.6 監視員の責務案

項目	内容
監視	<ul style="list-style-type: none"> 小江工程管理局（仮称）からの指導の下、観測計器を設置する。 設置した計器を用いて観測を実施する。 その他異常がないか、常日頃から注意する。 計器の維持管理を行う。異常がある場合は工程管理局（仮称）に連絡する。
情報伝達	<ul style="list-style-type: none"> 上記監視で異常現象が確認された場合は、村民委員会担当者に携帯電話にて連絡する。 村民委員会の指示の下、住民に避難などを呼びかける。 上記、異常現象が緊急を要すると判断される場合は、監視員の判断において住民の避難を呼びかけることができる。
避難誘導	<ul style="list-style-type: none"> 異常時に村民委員会からの指示、または緊急時に監視員の判断により住民を安全な場所に避難誘導する。
地区防災マップ作成	<ul style="list-style-type: none"> 小江工程管理局（仮称）からの指導の下、住民と防災マップを作成する。
訓練	<ul style="list-style-type: none"> 小江工程管理局（仮称）から、監視員の責務について説明、訓練を受ける。 年 1 回雨季前に監視員が住民や村民委員会の参加を得て避難訓練、情報伝達訓練を実施する。

ii) 待遇

群測群防活動の先進的地域である云南省昭通市巧家県の実績である 60 元/月（年間 720 元）を参考に、主担当 60 元/月（年間 720 元）、副担当 40 元/月（年間 480 元）とする。

c) 群測群防活動資機材の供与

群測群防責任者の活動を支援するツールとして、以下の計器、器具を監視地点に設置、または責任者に供与する。村民委員会への連絡用の携帯電話については、責任者が携帯電話を所有していない場合は貸与するものとする。

表 R 3.4.7 群測群防活動の初期費用(1 地区当り)

目的	資機材	数量	概算費用(元)
計測・記録	簡易雨量計	1 個	50
	地すべり監視用計測器	1 式	1,000
監視活動	雨具	2 人分	200
	懐中電灯	2 本	100
	ヘルメット	2 個	100
情報伝達	携帯電話*	2 個	1,000
	銅鑼	2 個	200
技術指導	指導員の交通、人件費	1 式	500
その他	その他	1 式	350
	合計(携帯電話含まず)		2,500
	合計(携帯電話含む)		3,500

表 R 3.4.8 群測群防活動の年間運用維持管理費用(1 地区当り)

項目	数量	概算費用(元)	備考
主担当への手当て	1 人分	720	60 元/月
副担当への手当て	1 人分	480	40 元/月
携帯電話手当て	2 人分	480	20 元/月
監視用計測器・用具維持管理費	1 式	320	
合計(携帯電話含む)		2,000	

d) 計測による監視活動の実施

各対象地区に簡易雨量計および地すべり計測計器を設置し、計測に基づく観測を実施する。

e) 地区防災マップの作成

地区防災マップはワークショップで住民が作成したようなハザードマップに避難地、避難ルートなどを書き加え、より避難活動に使いやすくしたものである。原則、行政（小江工程管理局）の指導の下に住民が作成する。

f) 訓練の実施

住民の参加を得て、最低年 1 回、避難訓練を行う。このとき村民委員会との情報伝達訓練をも合わせて行う。

5) 群測群防強化支援費用の概算

例えば表 R. 3.4.5 に示した計 132 箇所全地区について群測群防強化を施すとしたときの初期費用および維持管理費用は、表 R. 3.4.7、表 R. 3.4.8 で概算した地区毎の単価を用いると以下のようなになる。

表 R 3.4.9 群測群防強化支援費用

記号	流域		豆腐沟	乌龙河	东川市街地	桃家小家	計
a	強化対象候補地区数		7	59	23	43	132
b	初期費用 単価 (元/箇所)	(携帯電話供与含む)	3,500	3,500	3,500	3,500	
c		(携帯電話供与含まず)	2,500	2,500	2,500	2,500	
d	携帯電話保有率 (%)		25	14	44	16	
e	初期費用 (元) $=axbx(1-d/100)+axcxd/100$		22,750	198,240	70,380	143,620	434,990
f	年間維持費単価(元/年)		2,000	2,000	2,000	2,000	
g	年間維持費(元/年)		14,000	118,000	46,000	86,000	264,000

第4章 豆腐沟流域土砂災害対策および自然環境修復プロジェクト

4.1 豆腐沟流域の現状

豆腐沟流域（図 4.1.1）は4優先小流域の中で最も流域面積の小さな流域であるが、荒廃が深刻な点に特徴がある。豆腐沟本川は典型的な粘性土石流溪流であり、小江合流点付近で広大な扇状地を形成しているが、土石流の脅威のため農地として利用されていない。住民集落のほとんどは流域西側の傾斜の緩やかな尾根上に分布しており、东川市街地からも遠く、4優先小流域の中でも最も貧しい地域となっている。

4.1.1 社会経済

村民委員会へのアンケート調査結果（2.1 小組に関するアンケート調査を参照）を基に豆腐沟流域の社会経済に関して概説する。

1) 人口・民族

豆腐沟流域（16.2km²）は行政的には东川区拖布卡鎮（2005年6月の郷鎮政府改革により拖布卡郷と播卡郷は合併し拖布卡鎮となった。）に属する。人口は村民委員会に対するアンケート調査結果によれば約3,500人で人口密度は216人/km²となっている。この豆腐沟流域には他の優先小流域に較べて少数民族は少なく、最も多い布依族で45人、1.3%、彝族は5人、0.1%に過ぎない。

ほとんどの集落は西側の傾斜の緩やかな、標高の高い尾根上（1,800～2,000m）に多く、中流部の斜面上や下流部河口部には集落は少ない。

2) 生計手段

住民の主な生計手段は農牧業であるが、出稼ぎや日雇いも大きな収入源となっている。1世帯当りの農地面積は2.5畝であり、この地域の主な農作物は、とうもろこし、サツマイモ、野菜となっている。小江沿いの扇状地では水稻も栽培されている。最も多く飼育されている家畜は2,800頭の豚であり、山羊1,000頭、牛540頭の順となっている。アンケートによる世帯あたりの平均年収は2,300元であり4優先小流域の中で最も少ない。

3) 社会資本整備

急峻な地形を反映し、車道の整備率は低く、66%の小组には車道は通っていない。またこの地域の道路のほとんど全区間は未舗装である。現在小江沿いに东川一巧家道路が2007年完成を目指して建設工事中であり、この道路が完成すれば东川市街地方面の交通時間は大分短縮されるものと期待されている。

電気は全小组に供給されているが、水道施設の普及率は72%に過ぎない。小学校や医療施設へのアクセスに費やす時間はそれぞれ平均で36分、53分となっている。

4) エネルギー

煮炊きや暖房用に使用するエネルギーとしては基本的に薪が主となっている。薪は煮炊きエネルギーの88%、暖房エネルギーの57%を占める。バイオガスも一部には普及してきており、煮炊き用エネルギーの29%、暖房用エネルギーの17%を占めている。

4.1.2 地形・地質・土壌

1) 地形

豆腐沟は小江と金沙江の分水界をなす標高 2,000～2,100mの隆起準平原を水源とし、東から北東に向かって約 8.5km 流下し、標高およそ 800m地点で小江に合流する流域面積約 16km²の急流河川である。図 4.1.2 に地形分類図を示す。

標高 1,700m付近より上流域は隆起準平原と考えられる丘陵状の地形を呈する。斜面の起伏量は小さく、斜面傾斜は緩く一部に広い緩斜面や幅の広い丸みを帯びた尾根が分布している。上流域における河床勾配は下流域に比べ緩く、河床幅は狭く河床の堆積土砂も少ない。主として溪岸に崩壊が見られるが、下流に比べ崩壊地の規模は小さい。地すべり地形も多数見られるが崩壊地と同様に規模が小さく、活動的な地すべりは少ない。

標高 1,700m付近の明瞭な遷急線を境に下流では急傾斜で長大な斜面が連続し急峻な地形を呈するようになる。尾根肩付近に滑落崖を持つ岩盤クリープ斜面や岩盤地すべり地形が連続している。岩盤地すべりの一部は崩落して崖錐化しているものがある。地すべりブロック側方崖や滑落崖、ブロック前面斜面には規模の大きな崩壊地やガリーが多数見られ、活発な土砂生産を行っている。本川の河床は膨大な土砂が堆積しており、河床上昇のため最下流右岸側の尾根と河床との比高がわずかになっている。標高 1,000m付近左岸には近年崩壊した地すべり地形が見られ、河床に多量の土砂を供給している。

本川は土砂流出が多い左岸支川を东川—巧家道路橋上流で合流し、流向を大きく北に変える。最下流部で更に土砂流出のきわめて大きい支川を合流する。これらの支川も本川と同様、中流部には地すべり、崩壊が多発し多量の土砂生産が見られる。最下流支川が形成する扇状地は本川の流れ（低水路）を右岸側に押しやり、現時点の豆腐沟扇状地は、この支川をつくる扇状地と言ってよい。勾配の急な典型的な土石流扇状地の扇端が大きく小江の氾濫原に張り出し、小江氾濫原の幅は扇状地によって狭められ、最も狭いところでおよそ 130m となっている。

豆腐沟本川の河床勾配は、中流部が最も急勾配であり（上流部 1/12.7、中流部 1/5.2、下流部 1/12.7）、川幅は扇頂地付近から急激に広がりはじめ、东川—巧家道路橋下流で最大 500m程度に達し、その川幅を保って小江へ合流する。

2) 地質

主として先震旦系の粘板岩、千枚岩より成り、一部に変砂岩、結晶質石灰岩、結晶質白雲岩が分布する。岩石は数次に亘る構造運動の影響を受けてきたため、二次褶曲や小断層に伴う破砕が著しく進んでいる。抗風化力が弱く、厚い風化殻を形成しているところが多い。このため岩盤クリープや岩盤地すべり、ガリー侵食、崩壊が多発し、多量の土砂を河床に供給している。粘板岩、千枚岩は粘土質を多く含み保水性と可塑性が大きく、土石流の形成に適した物質となっている。本川中流から下流の谷底には河床堆積物や土石流堆積物、崖錐堆積物などの砂泥、礫層が膨大に堆積している。このため一旦土石流が発生すると、河床や河床付近の土砂を巻き込み流下することになる。

本川下流で流向が大きく北に変わるの、活断層である小江断層が本川下流部を南北に通過していることによる。この地点における小江断層は水平的には左横ずれ断層としての地形的特徴を持ち、断層西側にはより古い地質である先震旦系が、東側にはカンブリア系の地質が分布している。

3) 土壌

土壌については、当流域独自で調査された文献はなく、東川区地誌及び本調査の基本計画検討段階で現地採取された土壌に対する分析結果しかない。

東川市志によると、小江流域内にある東川区の土壌として、大半を占めるのが紅壤(47.9%)で、この土壌は標高的には主に 1500m～2500m 当たり存在する。この土壌の特徴は自然含水量が低く、粘土の割合が高いために乾燥時に亀裂が生じ易い。また土壌中の有機質の含有量が低く、鉍物ミネラルが少ない(N、P、K、Mg が常に欠乏している。)

現地調査で採取した土壌分析結果(下表参照)で見ると、当流域の土壌は紅壤が多くみられるが特性としては腐植土を呈している。

図 4.1.3 に標高と栄養分の関係を示す。中国土壌全国第二次土壌調査栄養分標準分級で比較的营养分は良好とされる分級 III 以上と当流域の栄養分の関係でみると、可給態カリについてはまずまず良好とされるのに対し、有機質、可給態窒素及び可給態リンはいずれも分級 III をかなり下回っており、これを見る限りにおいては、土壌の栄養状態はあまり良好とはいえない結果となっている。

表 R 4.1.1 土壌分析結果

観測点番号	標高(m)	土類	土壌厚(cm)	採取深度(cm)	特性	植被
1	973	燥紅土	60	30	腐植土	芝草(退耕環草)
2	1,265	燥紅土	46	20	腐植土	扭黄茅
3	1,545	紫色土	56	20-30	腐植土	扭黄茅
4	1,672	紅壤	58	20-30	腐食土	ホオチワノ木
5	1,874	黄紅壤	50	20	腐植土	雲南松、馬桑、草

4.1.3 気象・水文

標高約 900m～約 2,000m の範囲の起伏(平均標高は約 1,600m)を有する豆腐沟流域は、垂直性気候区分によると、亜熱帯半乾燥河谷地区および温暖半湿润山地区に属する。これらの気候区分地区の気候特性から、豆腐沟流域における年間降水量、年間可能蒸発量、年平均気温は、それぞれ 700mm～830mm、約 1000mm～約 2000mm、摂氏 13℃から 20℃であると推定される。

豆腐沟流量については観測記録がないため詳細は不明であるが、インタビュー調査や現場踏査および本件調査による水位観測から乾季には殆ど水流が見られず、雨季においても降雨のあった直後数日間しか水流は見られない。

4.1.4 土地利用

豆腐沟流域の各種土地利用面積は、今回作成した 5,000 分の 1 地形図を基に作成した土地利用図(GIS データ化)から集計を行った。この土地利用図(図 4.1.4)に示されている凡例は中国測量基準集(地形図製図編)に基づいている。(表 4.1.1 参照) 当流域の土地利用状況は下記の表に示す通りである。

表 R 4.1.2 土地利用面積及び割合

土地利用項目		面積 (Km ²)	面積割合 (%)	適用
耕地	水田	0.01	0.06	
	畑地	4.17	25.72	
	その他	0	0.00	野菜地等
	合計	4.18	25.79	
林地	森林	4.1	25.29	
	経済林	0.02	0.12	
	灌木林	0.85	5.24	
	疎林	0.01	0.06	
	幼林	0.31	1.91	
	その他	0	0.00	苗畑、竹林等
	合計	5.28	32.57	
荒地・草地	草地	5.35	33.00	
	半荒草地	0.35	2.16	
	合計	5.7	35.16	
集落		0.18	1.11	
その他		0.87	5.37	水域、未利用地
合計		16.21		

この当流域の土地利用の特徴として次のことがいえる：

- 全体でみた林地・耕地・荒地草地の割合で見ると、それぞれ 33%、26%、35%で林地がほぼ3分の1を占めている。
- 东川区林業局のデータによると、森林被覆率は东川区全体で2001年時点において31.9%を示しているが、当流域はこれを若干上回っている数字となっている。このことから、一応造林が進み、自然環境修復もなされていることがうかがえる。
- しかし、一方で草地もやはり約3分の1とかなり残っており、造林すべき面積も多い。（この草地面積は基本計画立案時に东川区の草地面積から推定した値に比べほぼ同様の値となっている。）
- 林地の内容をみると、森林・灌木林・幼林などの面積割合で森林が大きな割合を示している。前述の小組アンケート結果では経済林は造林面積の8%程度を占めていることになっているが、この数字を見る限りではそれほど大きな割合にはなっていない。これは経済林が他の樹木と混じっているか、小規模で点在しているため、判読されなかった部分があるためと考えられる。
- この耕地の中で特に地形判読及び傾斜分布図によって分類した、傾斜角度ごとの農地を取り出すと以下の表のようになる。これをみると当流域では傾斜農地がかなり棚畑(田)化されており、15度～25度範囲にある棚畑(田)化すべき傾斜農地の面積は0.85 km²で耕地面積4.18km²の約20%程度となっている。

表 R 4.1.3 傾斜農地面積

傾斜角度	面積 (km ²)	割合 (%)	適用
15度以下の耕地	2.51	59.99	畑・水田・ 野菜地の合 計
15度～25度	0.85	20.36	
25度以上	0.82	19.72	
合計	4.18	100	

- この土地利用に関して、標高別・傾斜角度 45 度以上の面積割合をみると、次の表に示すように、当流域では 3,000m以上の土地はないが、45 度以上の面積はほぼ全体で 15%程度を占めている。

表 R 4.1.4 標高別傾斜角度別土地利用面積割合(単位:km²)

地目	標高0-1500m		1500-2400m		2400-3000m		3000m以上		合計	
	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度
林地	0.606	0.048	4.170	0.447	0	0	0	0	4.776	0.495
耕地	0.606	0.122	3.207	0.240	0	0	0	0	3.813	0.362
草地・半荒れ草地	2.708	0.823	1.697	0.469	0	0			4.405	1.292
その他	0.000	0.000	0.009	0.001	0	0	0	0	0.009	0.001
合計	3.920	0.993	9.083	1.157	0.000	0.000	0.000	0.000	13.003	2.150

- また、地形分類図(図 4.1.2 参照)による各土地利用分類の中の崩壊地面積を標高別、傾斜別に取り出すと以下の表に示すように、3,000m以下傾斜角度 45 度以内の崩壊地では合計で 0.46km²の面積の存在が判読された。

表 R 4.1.5 崩壊地面積(単位:1,000m²)

崩壊地地目	1500m以下		1500-2400m		2400-3000m		3000m以上		合計	
	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度
林地	13.8	5.3	51.8	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	65.6	18.5
耕地	17.3	3.0	10.9	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	28.3	5.1
草地・半荒れ草地	293.9	159.6	73.5	40.5	0.0	0.0	0.0	0.0	367.4	200.1
その他	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	325.0	167.9	136.2	55.8	0.0	0.0	0.0	0.0	461.2	223.7

- この他、同じく地形分類によるガリーを含む0次谷の存在については GIS データを基に延長距離 88km が確認された。

4.1.5 災害状況

1) 被災記録

豆腐沟流域において大規模な土砂災害に関する記録は残っていない。一方で村民委員会に対するアンケート結果(表 R.2.1.3)によれば、過去 30 年間に於いて、9 小組で地すべり、3 小組で土石流、1 小組で洪水被害が発生したようである。被害は農地に対するものがほとんどであるが、播卡村小水井小組からは 2 名の死者が報告されている。

2) 災害の危険性

図 4.1.5 に本調査において作成したハザードマップを示すが、中下流部に急傾斜地および地すべり地が集中している。約 120 軒の家屋が地すべり警戒区域に、約 40 軒の家屋が急傾斜地崩壊の警戒区域にそれぞれ入っている。西側の上流部は比較的、急傾斜地、地すべり地は少ない。また以前は三家村などの最下流部では土石流の被害を受けることがあったようだが、近年の家屋移転によって、家屋が被害を受ける可能性はほとんどなくなった。

また下表に示すように計 3 箇所の地区が国土資源局によって地質災害予防の重点地域として指定されている。

表 R 4.1.6 土砂災害警戒地区内の家屋数と国土資源局による
地質災害予防重点地域

災害の種類	ハザードマップのから推定した警戒地域内の家屋数	国土資源局による地質災害予防の重点地域
土石流	5 <注	大树村三家村、大树村豆腐沟
地すべり	119	波头村汤家箐、播卡村小水井小组
急傾斜地崩壊	41	
合計(重複を除く)	126	

<注：100年確率土石流で氾濫水深10cm以上を土石流警戒地域とする。

中流部河川敷内に建てられた小屋5軒が上記土石流警戒地域に入っている。。

3) 災害対策

豆腐沟流域では造林や封山育林のような生物的対策が主となっている。村民委員会に対するアンケート調査結果によれば、過去10年間に5,780畝の造林、5,740畝の封山育林、650畝の退耕還林が行われている。

一方、大树村三家村・豆腐沟や播卡村坪子寨において計87世帯の移転（政府主導80世帯、自主的移転7世帯）が行われている。移転先は、農地から離れないように全て同じ小组内となっている。

4.1.6 自然環境

1) 植物相

豆腐沟流域は3つの自然植生類型と3つの植生亜類型に分けられる。3つ自然植生類型は、常緑広葉林、稀樹灌木草群、灌木群の3種であり、3つの植生亜類型は、温暖性針葉林、乾熱性稀樹灌木草群および乾熱灌木群である。

流域全体に乾熱性稀樹灌木草群と乾熱灌木群などの二次的植生が見られ、これらが主要植生となっている。しかし、標高が高い湿潤区域は、雲南松林を代表とする温暖性針葉林も見られる。また耕作地およびユーカリ林などの人工植生は比較的少ないが、標高1200m以下すなわち乾熱性稀樹灌木草群植生亜類型の地域ではイネ科のアカヒゲガヤ (*Heteropogon contortus*) を含む草類が優勢となる。標高の上昇につれて次第にシラトゲ (*Sophora davidii*) 灌木群が増える。雲南松林 (*Pinus yunnanensis*) は標高1600m前後の水分条件の比較的良好な土地に現れ、乾熱灌木群と相互交差して分布している。

2) 動物相

文献調査によると、小江流域全体及びその周辺に116種の陸棲脊椎動物が分布していることが確認された。しかし、本優先小流域に限ると人為的影響も大きく、実際に分布している脊椎動物は相当少ないと推定される。さらに重点動物種類の分布状況から見ると、過去存在していた国家重点保護動物は、現在、流域内には分布していないと判断された。

また当流域には湖、沼、湿地、大規模なダム貯水池がなく、国家一级保護動物であるオグロヅルに適した環境はなく、またその生息も確認されていない。

一方、文献調査で確認された 116 種の脊椎動物のうち両棲類の云南トゲガエル(*Paa yunnanensis*)は、IUCN Red List of Threatened Species 2004 に記載されていることが確認された。これは云南省を含む中国南西部など日本の国土面積よりも広い地域に分布し、中国においては食用に供され、ありふれた両棲類(カエル)のひとつである。海拔 1500 to 2950 m の地域、特に鬱蒼と茂った森林や高所山岳地帯の岩がちな小河川に生息している場合が多く、しばしば小河川の苔の生えた岩に身を潜めているとされている。しかし、本流域では、土石流が頻発するため、流域環境の変化は激しく、両棲類の成育にも好ましい環境にはない。

3) 魚類

魚類調査の一環として、文献調査に基づき聞き込み調査を実施し、さらに標本採取を行った。文献調査の結果、本流域を含む 4 つの優先小流域には魚類 12 種が分布し、内 1 種が導入或いは外来種で、残り 11 種が在来種であり 3 目 4 科 (7 亜科を含む) 11 属に属する。小江流域に分布記録がある魚類中には長距離回遊魚類は認められず、地域特有种、国家級保護種と省級保護種は認められない。また現地住民からの聞き取り結果では、この 10 年間余り、4 優先小流域の河川には魚類をほとんど見ないという。全体的に農業開発程度が高く、人為的影響が強く、更に水土流失が深刻で、土石流が頻繁に発生するため、流域環境の変化は激しく、魚類の在来種は種類と数量とも極めて少ない傾向にある。

4. 2 土石流対策の検討

4. 2. 1 現状の課題と計画基準点の設定

豆腐沟流域においては、これまで造林や封山育林のような生物的対策(水系砂防対策)が主となっており、土石流対策としての施設対策はほとんど実施されていない。土石流災害の危険地帯であった下流域の大树村三家村などでは、近傍の標高の高い地域への移転がすでに行われており、家屋・人命の安全は確保されている。

一方、小江合流点付近に架かる橋(橋長約 250 m、幅員約 9 m)は、依然として土石流の危険にさらされている。この橋は、东川区市街地と小江下流域を結ぶ現時点での最大の交通手段であるとともに、2007 年完成を目指して小江沿いに建設中の东川一巧家道路の一部となる重要な構造物である。

また、豆腐沟下流域は、厚く堆積した土砂により河床幅が 200~500 mにも達しており、土石流流路を固定することにより流路兩岸で約 1,000 畝の農地開発が可能となる。

以上の現状を踏まえ、豆腐沟流域の土石流対策基準点及び計画規模を下表のとおりとする(基本計画時に設定した基準点と同じ)。なお、対象流域に既設砂防えん堤は無く、現状の整備率は 0%である。

表 R 4.2.1 豆腐沟流域の土石流対策基準点及び計画規模

支川流域	流域番号	基準点	溪流名称	流域面積 (km ²)	計画規模(確率年)		適用
					土石流	洪水	
豆腐沟	XZ-5	1	豆腐沟	13.07	20	5	
		1-1	豆腐沟	9.00	20	5	補助基準点
		1-2	豆腐沟	2.31	20	5	補助基準点
		2	豆腐沟北支沟	1.95	20	5	

4.2.2 代替案の検討

1) 計画流出土砂量と土石流ピーク流量

『2.1 土石流対策の基本方針』で述べたとおり、施設対策の基本となる計画流出土砂量と土石流ピーク流量は、計画降雨に基づき下表の通り算出される。

表 R 4.2.2 豆腐沟流域基準点の計画流出土砂量と土石流ピーク流量

基準点	溪流名称	流域面積 (km ²)	流路工 計画対象流量 (m ³ /s)	計画土砂量	
				流出土砂量 (m ³)	土石流ピーク流量 (m ³ /s)
1	豆腐沟	13.07	80.4	240,000	771
1-1	豆腐沟	9.00	58.9	240,000	771
1-2	豆腐沟	2.31	18.7	108,000	244
2	豆腐沟北支沟	1.95	16.2	98,000	211

注) 基準点1の計画土砂量は、基準点1-1、基準点1-2の内、大きいほうの値とする。

2) 代替案の検討

代替案の各施設は、『2.1 土石流対策の基本方針』に記した考え方に基づき配置する。

代替案1及び代替案2の施設規模及び概算費用を下記の表に、また、その概要を表R 4.2.3に示す。

表 4.2.1 優先小流域土石流対策の砂防えん堤規模検討

表 4.2.2 優先小流域土石流対策の流路工規模検討

表 4.2.3 優先小流域土石流対策の導流工規模検討

表 4.2.4 優先小流域土石流対策の代替案比較一覧

表 R 4.2.3 豆腐沟流域土石流対策代替案比較

支川流域	基準点	代替案1:砂防えん堤+流路工			代替案2:導流工+流入部床固め		
		えん堤 基数	流路工 延長 (m)	工事費 (千元)	導流工 延長 (m)	床固め 基数	工事費 (千元)
豆腐沟	1	8	4,810	17,330	4,810	2	13,241
	2	4	900	4,920	900	1	1,905

4.2.3 最適案の選定

経済性などの観点から上記代替案1、代替案2、もしくは対策をしない(ゼロオプション)の中から最適案を選定する。

1) 便益の算定

選定に先立ち、3.2.4 便益算定で述べた方法によって、上記土石流対策が実施された場合の便益を算定した。その結果を下表にまとめる。また図4.2.1に土石流氾濫計算結果を、表4.2.5に基準点1についての詳細な被害額軽減額算定結果を示す。

表 R 4.2.4 豆腐沟流域土石流対策便益(市場価格)

流域	基準点	被害軽減額 (千元/年)					農地開発便益			合計 (千元/年)
		家屋家財 公共施設	農作物	人命 損失	間接 被害	合計	面積 (畝)	便益単価 (元/畝/年)	便益 (千元/年)	
豆腐 沟	1	582	12	25	0	619	960	550	528	1,147
	2	209	15	25	0	248	410	550	226	474
	合計	791	27	50	0	867	1,000	550	550	1,417

基準点1の便益は1,147千元/年、基準点2のそれは474千元/年である。両基準点の便益は橋梁被害の軽減および農地開発によるものでほとんどを占める。

2) 最適案の選定

各代替案に対する経済評価を下表に示す。経済評価指標として費用便益比(B/C)、純現在価値(NPC=B-C)を、割引率8%、施設の寿命50年として算定した。また費用としては表R4.2.3の工事費に農地整備費用(1,000元/畝、現地聞き込み結果)を加えている。さらに市場価格から経済価格への変換(Conversion Factor)には一律85%を乗じた。

表 R 4.2.5 土石流対策代替案の経済評価

流域	基準点	便益 (千元/年)		代替案1(砂防えん堤+流路工)				代替案2(導流工+流入部床固め)			
		市場価格	経済価格	費用 (千元/年)		便益費用 比率 B/C	現在価値 NPV B-C (千元)	費用 (千元/年)		便益費用 比率 B/C	現在価値 NPV B-C (千元)
				市場価格	経済価格			市場価格	経済価格		
豆腐 沟	1	1,147	975	18,290	15,547	0.73	-4221	14,201	12,071	0.95	-618
	2	474	403	5,330	4,531	1.05	219	2,315	1,968	2.46	2,876
	計	1,417	1,204	23,250	19,763	0.71	-5792	16,146	13,724	1.03	468

経済評価の結果に基づき、以下の理由から両基準点とも代替案2(導流工+流入部床固め)を最適案として提案する。

- まず、小江との合流部で豆腐沟本川と豆腐沟北支沟は合流しており、農地開発を行うためには両沟とも整備をせねばならず、両沟を1組として取り扱う必要がある。
- 代替案1は基準点2(北支沟)単独でB/Cが1以上であるが、基準点1(豆腐沟本川)と合わせれば0.7近くまで下がる。
- 両基準点の下流には保全対象となる家屋はない。
- 代替案2は基準点1単独ではB/Cが1を若干下回るが、基準点2と合わせれば1以上を確保できる。

4.2.4 最適案の施設概略設計

前述の検討より、豆腐沟流域土石流対策としては代替案2の『導流工+流入部床固め』が選定された。施設の概要を下表(詳細は表4.2.6参照)に、概略設計図を図4.2.2~4.2.3に示す。

表 R 4.2.6 豆腐沟基準点1の土石流対策最適案の概要

位置	構造物	概略工事費 (千円)
補助基準点 1-1	流入部床固め工 (有効高 5m) 1 基	485
補助基準点 1-1 から基準点 1 まで	導流工 (深さ 4.5m、幅 33m) 延長 1,740 m	4,784
補助基準点 1-2	流入部床固め工 (有効高 5m) 1 基	283
補助基準点 1-2 から基準点 1 まで	導流工 (深さ 3.8m、幅 15m) 延長 930 m	1,607
基準点 1 から小江合流点まで	導流工 (深さ 4.5m、幅 40m) 延長 2,140 m	6,082
合計	流入部床固め工 2 基、導流工総延長 4,810m	13,241

表 R 4.2.7 豆腐沟基準点2の土石流対策最適案の概要

位置	構造物	概略工事費 (千円)
基準点 2	流入部床固め工 (有効高 5m) 1 基	435
基準点 2 から小江まで	導流工 (深さ 3.8m、幅 14m) 延長 900 m	1,470
合計	流入部床固め工 1 基、導流工総延長 900m	1,905

4. 3 水系砂防対策の検討

4. 3. 1 流域の特性および現状の課題

当流域で生物対策（造林および棚畑(田)化）を実施する上で以下の特性・課題がある。

1) 造林を実施する上での特性及び課題

造林を実施する上での特性及び課題を整理すると以下のようなものである。

- 造林に対する必要性の認識については、ワークショップでの議論でも確認されたが、参加者全員が必要性を認めている（表 2. 2. 1 参照）。また小組のアンケートでも造林に対して住民は 80%以上ボランティアで参加しており、造林実施そのものについては、住民の理解は十分得られる（図 4. 3. 1(1)参照）。
- 造林樹種を決める上で、生態林・経済林・薪炭林にどの程度重きを置くべきかという課題をみると、当流域では小組に対するアンケート結果（図 4. 3. 1(1)参照）に見られるようにエネルギーは薪にかなりの部分を依存（ほぼ 100%）しており、このため薪炭林の割合が多くなっている。これは下表に示す 2 小組でのワークショップ時での参加者に対するアンケートでも同様な結果が得られている（図 4. 3. 2 参照）。

表 R 4.3.1 ワークショップでのエネルギー利用のアンケート結果

エネルギーの組み合わせ	回答数 (人)	割合(%)
1. 薪のみ	22	34
2. 電気のみ	7	10
3. バイオガスのみ	2	3
4. その他	1	1
5. 薪+電気	19	29
6. 薪+バイオガス	9	13
7. 薪+その他	2	3
8. 電気+バイオガス	2	3
9. 薪+電気+バイオガス	2	3
10.薪+電気+その他	1	1
合計	67	100

- 経済林については現状は全体の8%とやや少ないが、ワークショップでの希望としては17%と通常の割合になっている。その結果、生態林の割合は50%前後と低くなっている（図4.3.2参照）。
- 造林後の生育状況を見ると小組に対するアンケート結果によれば、当流域の生育状況は他の流域と比較してあまりよくない。この理由として雨が少ないことによる早魃、水不足を挙げている（図4.3.1(1)参照）。この状況は、ワークショップでの造林に対する議論で指摘されている。このことから、造林する上で水不足に対する配慮が重要な課題の一つと考えられる。
- その他の課題として小組のアンケートで指摘されているのは、樹種の選定、気温、土壌、斜面傾斜角度等があり、これらについては基本的にこういった状況に十分耐えられる樹種の選択が重要である。
- またワークショップでの議論で住民から造林の課題として苗木がないという指摘があった。このことから造林計画策定ではこの苗木の確保の問題についても配慮する必要がある（表2.2.1参照）。

2) 棚畑(田)化する上での特性及び課題

棚畑(田)化する上での特性及び課題を整理すると以下のようである。

- 棚畑(田)化について、小組のアンケート結果をみると図4.3.1(2)に示すように、現状で棚畑(田)化している実績が少なく（回答数：1組）有効な答えは得られなかったが、ワークショップを通しての住民から得られた議論では、ほぼすべての参加者が棚畑(田)化が必要と感じており、この事業を実施する上での住民の理解は十分得られる。
- ワークショップでの結果をみると、棚畑（田）化を実施した住民は参加者の40%で、今後棚畑（田）化を予定している住民は75%に上っている。また傾斜農地の50%～100%を棚畑(田)化したいという希望も挙げられている（図4.3.2参照）。ただ、この棚畑（田）化の課題としてあげられているのが、資金不足である。住民の希望として、資機材の費用を政府から供与してもらえば、労働力については住民が対応（場合によって有償）するという意見である。

4.3.2 基本条件の設定

ここでは前節の当流域の特性と課題を受けて、水系砂防対策（生物的対策及び構造物対策）を計画するための基本条件を設定する。

1) 生物的対策

生物的対策では造林もしくは造林+山腹工を行うが、これを計画する上で必要となる基本条件は次のものである。

- 対策対象となる土地面積の設定
- 造林実施条件の設定

a) 造林対象となる土地面積の設定

造林対象となる土地面積は前述の土地利用から得られる草地・半荒草地の80%の面積と各土地利用の中で判読される崩壊地面積である。先述のように、土地利用面積は5000分の1地形図にもとづいて、また崩壊地面積は2万分の1航空写真に基づいて作成されている。（図4.1.2及び図4.1.4参照）この草地面積及び崩壊地面積は各標高ごとに集計すると下記の表のようになる（標高3,000m以上及び傾斜角度45度以上の斜面は除く）：

表 R 4.3.2 造林対象面積の選定(単位:km²)

地被状況		標高 (m)			合計
		1500 以下	1500-2400	2400-3000	
草地・半荒草地		2.166 (2.708)	1.358 (1.697)	0 (0)	3.524 (4.405)
崩壊地	草地・半草地	0.234 (0.293)	0.059 (0.074)	0 (0)	0.294 (0.367)
	耕地	0.014 (0.017)	0.009 (0.011)	0 (0)	0.022 (0.028)
	林地	0.011 (0.014)	0.042 (0.052)	0 (0)	0.053 (0.066)
	計	0.260	0.109	0	0.369

() 内の数字は80%をかける前の土地利用図及び地形分類図読み取り面積

このうち造林+山腹工を設置するのは崩壊地（荒山草地、耕地、林地）の区域に対してである（図4.3.3参照）。

b) 造林実施条件の設定

造林実施の条件として下記に示すものを設定する。

- 造林の割合設定（生態林、経済林、薪炭林）
- 造林樹種の設定
- その他造林に必要なインフラ設定（管理道路、保護員小屋の設置）

i) 造林の割合設定

前述の当流域の特性で述べたように、当流域では薪炭林の必要性が非常に高くまた経済林の要望も高くなっているが、荒地・草地の各種造林条件からこれらの要望を取り入れることは難しく、第3章で述べた方針に従い生態林・経済林・薪炭林の植樹面積割合を80:8:12とする。

ii) 造林樹種の設定

造林樹種は一般に標高ごとの適正樹種として表3.3.1に示すものが適用されている。各造林対象地の条件から、最適なものとして、表4.3.1に示す造林樹種を選定した。なお、当流域の課題としてあげられている水不足については、乾燥に強い灌木を適用することで対応することとする。

iii) その他造林に必要なインフラ設定（管理道路、保護員小屋の設置等）

その他造林に必要なインフラとしては、種々考えられる中で大きな項目として前に述べた管理道路、保護員小屋などを整備する（3.3.2, 1）d参照）。

2) 構造物対策

構造物対策で基本条件設定が必要な項目は次の2つである：

- ガリー侵食地の延長及び谷止め工の設置間隔及び設置個数
- 棚畑(田)化面積の設定

a) ガリー侵食地の延長及び谷止め工の設置間隔及び設置個数

i) ガリー侵食地の延長

先の基本方針で述べたように、ガリー侵食地の延長は1/20,000 航空写真判読によるガリー侵食地を含む0次谷の延長からその50%とし、さらにその半分の延長に谷止め工を設置する。

当流域のガリー侵食地を含む0次谷の延長は図4.3.3に示すように88kmになっている。このことからガリー侵食対策に設置する谷止め工設置区間距離は $88\text{km} \times 0.5 \times 0.5 = 22\text{km}$ となる。

ii) 谷止め工の設置間隔及び設置基数

谷止め工の設置間隔はガリーの河床勾配と谷止め工の標準高さで決定される。ガリーの平均河床勾配は、図4.3.3に示すガリー位置図及びGISデータから読み取られる傾斜分布から種々のガリーをサンプルとして求めた結果、最終的にその平均値として15度（約1/4）を採用した。また堆砂勾配については、ガリーでは大量の土砂が供給されるためかなり元河床に近づくものと考え、元河床の80%（4/5）と仮定する。この状態で平均谷止め工高さを2mと設定して設置間隔を求めると37mごとに1基必要になり、先のガリー侵食地の延長距離をこの間隔で除すると、その設置個数は595基となる。（図3.3.2参照）

b) 棚畑（田）化面積の設定

棚畑(田)化の面積は3.3.1, 2)に述べた手順に基づき求めた。図4.3.5に最終的に得られた傾斜農地の区域を示す。この面積の総計は先述のように0.85km²である（表R4.1.3参照）。

4.3.3 計画策定

前述の基本条件を基に生物的対策と構造物対策から構成される当流域の水系砂防対策の計画策定を行う。

1) 生物的対策

a) 荒地草地に対する造林

i) 計画諸元

荒地草地に対する造林について、1/5,000地形図を用いて、図4.3.4に示すように各小区域に分割し、それぞれについて生態林・経済林・薪炭林の割合及び地域特性を考慮しながら前述のように造林樹種を決め、各樹種の植樹面積を求めた。表4.3.1に造林樹種面積を示す。

造林に必要な道路整備延長、保護員小屋等付帯施設の量は下表に示す通りである。

表 R 4.3.3 付属施設数量

項目	細目	数量	適用
道路	防火帯	6km	
	巡視保護用	10km	
	歩行者用	23km	
保護員小屋（6名）		120m ²	20m ² /人

ii) 工事費算定

上述の各樹種ごとの植樹面積に対して、植樹単価を乗じて植樹の工事費を算定、その他、道路整備延長、保護員小屋などの付帯事業も合わせて表4.3.2及び4.3.3に示す。

iii) 便益算定

荒山草地の造林に対する便益は以下の項目である。

- 流出土砂の抑制効果
- 造林による温暖化ガス吸収効果及び保水効果
- 経済林植樹による生産効果

これらの効果をまとめて表4.3.4に示す。

b) 崩壊地に対する造林+山腹工

i) 計画諸元

崩壊地に対する造林及び山腹工の対象面積は前述の表 R4.3.2 に示すとおりである。この崩壊地に対する造林は基本的に生態林を植樹する。植樹樹種は荒山草地と同様、その標高で比較的乾燥に強い樹種を選定する。表 4.3.5 に各樹種の植樹面積を示す。

ii) 工事費の算定

工事費は造林費用及び山腹工の設置費用である。上記面積に各樹種ごとの造林単価及び面積当たりの山腹工単価を乗じて工事費を算定する。下表にその結果を示す。(表 4.3.5 参照)

表 R 4.3.4 崩壊地造林工事費

崩壊地地目	工事費	適用
	(千元)	
林地	510	
耕地	219	
草地・半荒れ草地	2,845	
合計	3,574	

iii) 便益算定

崩壊地に対する造林+山腹工の便益は、前項荒山草地に対する便益とほぼ同様であるが、経済林は植樹しないので、これを除いた以下のものである。

- 流出土砂の抑制効果
- 造林による温暖化ガス吸収効果及び保水効果

表 4.3.6 に便益計算の取りまとめ結果を示す。

2) 構造物対策

a) ガリー侵食地に対する谷止め工設置

i) 計画諸元

ガリー侵食地に対する谷止め工の数量は前述のように全体で 595 基を整備する。(4.3.2, 2) a))

ii) 工事費の積算

工事費は、上記の谷止め工の総基数に 1 基当たりの単価 (図 3.3.2 参照) を乗じて求める。下表に工事費を示す。

表 R 4.3.5 ガリー侵食対策工事費

谷止め工基数	単価	工事費 (千元)	適用
595	3,640 元/基	2,166	

iii) 便益算定

ガリー侵食地に対する谷止め工設定の便益としては、基本的にガリー侵食による土砂生産量の抑制である。この抑制効果量及び便益は下表に示す通りである。

表 R 4.3.6 ガリー侵食対策工事費

効果項目	効果量	便益原単位 (千元)	便益額 (千元)
表面侵食抑制効果	$22\text{km} \times 400\text{m}^3/\text{km} = 8,800\text{m}^3$	9 元/ m^3 /年	79.2

b) 傾斜農地の棚畑 (田) 化

i) 計画諸元

棚畑 (田) 化する傾斜農地の面積は図 4.3.5 に示す、傾斜農地を前にも示したように、集計すると総計 0.85km^2 (1,274 畝) になる (表 R4.1.3 参照)。

ii) 工事費の積算

棚畑 (田) 化に要する工事費は石積み工+土の切り盛り費用である。この単価は前に述べたように $2.3 \text{ 元}/\text{m}^2$ (1,534 元/畝) でこれに棚畑 (田) 化面積を乗じて工事費を求める。下表に工事費を示す。

表 R 4.3.7 棚畑 (田) 化工事費

棚畑 (田) 化面積 (km^2)	単価 (千元/ km^2)	工事費 (千元)	適用
0.85 (1,274)	2,300 (1.53)	1,955	() 内は畝表示

iii) 便益の算定

傾斜農地の棚畑 (田) 化の便益は生産土砂の抑制効果と農地改良効果である。このうち生産土砂の抑制効果は m^3 当たりの抑制量で表される。また農地改良効果については前に述べた如く $0.15 \text{ 元}/\text{m}^2$ (100 元/畝) を適用する。下表に便益算定結果を示す。

表 R 4.3.8 棚畑(田)化便益

便益項目	評価量	便益原単位	便益(千円)
生産土砂の抑制効果	0.85km ² x 4,000m ³ /km ² =3,400m ³	9 元/m ³	30.6
農地改良効果	0.85km ² (1,274)	150 (千円/km ²) (100)	127.5 ()内は畝表示

3) 計画数量・工事費・便益取りまとめ

前述の生物的対策、構造物対策の計画数量、工事費、便益を取りまとめて表 4.3.7、表 4.3.8 に示す。この結果豆腐溝流域の水系砂防対策に対する総工事費は 11,101 千円、年間維持管理費（総工事費の 0.5%）は 55.5 千円/年、また総便益は 1,218 千円/年となる。

4.4 非施設対策の検討

3.4 非施設対策での基本方針に沿って、本流域のハザードマップの活用、群測群防強化について具体化する。

4.4.1 本流域の災害特性と非施設対策

本流域では、まず山間部での地すべり、急傾斜地崩壊が問題である。土石流については、広域ハザードマップによると、一部中流部の河道内に建設された小屋を除き、家屋が被害を受けることは無い。しかし 4.1 土石流対策の検討で述べたように、豆腐溝の土石流対策は土石流の流下を許容した導流工であるので、土石流発生時には河川敷内に近づかないことが肝要である。

これらの対策として、下表のようにハザードマップの活用、群測群防の強化、さらに第 8 章で述べる予警報システムの整備を提案する。

表 R 4.4.1 非施設対策と対象とする災害

非施設対策	主に対象とする災害	主な保全対象
ハザードマップの活用	土石流、地すべり、急傾斜地、洪水	全地域
群測群防の強化	地すべり、急傾斜地崩壊	山間部集落
予警報システム	土石流、洪水	小江合流点付近の集落

すなわち、群測群防は山間部の集落で問題となる地すべり、急傾斜地崩壊を対象とする。小江合流点付近の住民には、従来の拖布カ鎮→村民委員会→小組という情報網を通じて土石流の危険性を知らせる。その大本となる降雨情報は第 8 章で述べる予警報システムから得られることになる。さらに群測群防や予警報システムに基づいた避難活動などに役立てるためにハザードマップを活用する。

4.4.2 ハザードマップの活用

ハザードマップは広域ハザードマップと地区防災マップの 2 種類を作成する。

広域ハザードマップは豆腐沟流域全域について、小江工程管理局（仮称）が作成し、関係機関へコピーを配布する。当面は調査団が作成した図 4.1.5 を採用するものとするが、その後の災害実績、土地利用の変化などを参考に 5 年毎に見直しを行う。

地区防災マップはワークショップを通じて、住民が作成する。この地区防災マップには危険箇所の他に避難地、避難経路を記入する。作成対象地区は次節で述べる 7 箇所の群測群防強化候補地区である。作成後は関連行政機関へコピーを配布するほか、群測群防責任者宅で掲示し、住民が簡単に閲覧できるようにする。

4.4.3 群測群防の強化

群測群防強化は山間部の地すべり、急傾斜地崩壊を主な対象とする。図 4.1.5 の広域ハザードマップを参考に、強化対象候補地区として表 4.4.1 に示す 7 地区を選定した。このときの選定基準は 10 軒以上の家屋が、地すべり警戒地域もしくは急傾斜地崩壊警戒地域に入っている集落である。

これらの 7 候補地区のどの地区を実際の強化地区とするかについては、現場での地区防災マップの作成、現地踏査などを通じて決定する。

第5章 乌龙河流域土砂災害対策および自然環境修復プロジェクト

5.1 乌龙河流域の現状

乌龙河流域（図 5.1.1）は4 優先小流域の中で最も大きな流域であるが、比較的穏やかな地形を反映して、比生産土砂量は最も小さくなっている。流域中流部には盆地が形成されており、なだらかな地形を利用して農業が盛んであり、东川区の食料基地となっている。

5.1.1 社会経済

村民委員会へのアンケート調査結果（2.1 小組に関するアンケート調査を参照）を基に乌龙河流域の社会経済に関して概説する。

1) 人口・民族

乌龙河流域（132.9km²）のほとんどは东川区乌龙鎮（2005 年6月の郷鎮政府改革により旧乌龙郷と旧新田郷の一部が合併し、乌龙鎮となった。）に属するが、上流流域南端の一部が紅土地鎮（旧新田郷の残りとは法者郷の合併して、紅土地鎮となった。）に、さらに流域南西端の極一部が寻甸県凤仪郷に属する。

乌龙河流域の人口は約 24,600 人で人口密度は 185 人/km² である。住民の 6.6%（約 1,600 人）は少数民族であり、回族が最も多く、5.9%（約 1,400 人）を占める。アンケート調査結果によると、回族は主に中流部の盆地部に固まって住んでいる。

集落は流域中流部の乌龙街を中心とした盆地部や傾斜の比較的緩い尾根上に広く分布している。中流部の盆地は傾斜も緩く、水利用にも恵まれ、东川区の食糧基地にもなっている。

2) 生計手段

住民の主な生計手段は農牧業であるが、出稼ぎや日雇いも大きな収入源となっている。1 世帯当りの農地面積は 3.6 畝であり、この地域の主な農作物は、とうもろこし、サツマイモ、水稻、ジャガイモ、麦、野菜等となっている。牧畜業も盛んであり、豚 21,000 頭、山羊 6,400 頭、牛 4,500 頭等が飼育されている。アンケートによる世帯あたりの平均年収は 3,800 元である。

3) 社会資本整備

車道の整備率は低く、41%の小组には車道は通っていない。また道路のほとんどは未舗装であり、雨季には通行が困難となることも度々である。昨年、东川市街地から乌龙街への道路が舗装され、この地域へのアクセスがかなり改善された。

豆腐沟流域と同じく、電気は全小组に供給されているが、水道施設の普及率は 68% に過ぎない。小学校や医療施設へのアクセスに費やす時間はそれぞれ平均で 42 分、72 分となっている。中には医療施設へのアクセスに要する時間が 3 時間を越える小组もある。

4) エネルギー

この地域でも煮炊きや暖房用に使用するエネルギーとしては基本的に薪が主となっている。薪は煮炊きエネルギーの 69%、暖房エネルギーの 53%を占める。パイ

オガスの普及は豆腐沟流域よりも少なく、煮炊き用エネルギーの 11%、暖房用エネルギーの 3%を占めているに過ぎない。

5.1.2 地形・地質・土壌

1) 地形

乌龙河は小江流域西側分水界の標高 2,500~2,600m 付近の侵食小起伏面を水源とし、約 23km ほぼ北に向って流下し、新村西方の標高 1,150m 付近の三江口で大白河に合流する流域面積約 133km² の河川である。起伏量が小さく流路表が長いいため、本川の河川勾配は比較的緩勾配である。図 5.1.2 に地形分類図を示す。

乌龙河本川は流域右岸側を南北に走る乌龙断層に沿って流れる。本川が右岸側に大きく偏って流れるため、乌龙河流域の地形は左右岸で大きく異なる特徴を持っている。右岸には大きな支川が無く、左岸には西から東へ流れる多数の支川が存在する。また左岸には山頂緩斜面や山腹緩斜面、侵食小起伏面や段丘、地すべりブロック内の緩斜面など緩斜面、平坦面が随所に見られ、緩斜面を中心に厚い赤色風化層が発達する。一方、右岸では狭い山頂緩斜面を除き緩斜面はほとんど見られない。

乌龙河最上流部は穏やかな山様を呈する侵食小起伏面となっていて、地すべり地形や崩壊地は少ない。乌龙河やその支川は山頂や山腹の緩斜面を次第に深く侵食するようになり乌龙盆地に至る。谷が深くなるに伴い地すべり地形や崩壊地、ガリー侵食が目立つようになる。乌龙盆地西側には数段の広い山頂・山腹緩斜面が分布する。流域東側に位置する乌龙盆地が断層運動によって沈降しているため、緩斜面は東に向かって階段状に高度を下げる。乌龙盆地には扇状地性の段丘や扇状地、本川に沿う幅 200m 程の氾濫平野などの堆積地形が形成される。盆地西側には 6 本の土石流危険渓流があり、集落や農地に脅威を与えている。また盆地から下流狭窄部への出口付近は、狭窄部の塞き上げのため常時洪水氾濫の場になっている。

乌龙盆地下流の乌龙河は南北方向の地質構造を斜めに横切る先行谷で、最下流では谷幅が数百 m になるが、7~8km にわたって氾濫平野をもたない深い V 字谷となる。本川に沿う比高の大きな急斜面は植生が乏しくガリー侵食が目立つ。左岸側には西から東へ流れる多数の支川があり、左岸側に広がる段丘面や山頂・山腹緩斜面を侵食している。

2) 地質

二疊系の玄武岩が流域の大部分を占めて分布する。二疊系上統の玄武岩類は上部に砂岩、粉砂岩、泥岩を混じえる。古生層と中生代の堆積岩類がわずかな面積であるが、見られる。乌龙盆地には段丘堆積物、河床堆積物、扇状地堆積物から成る第四系が堆積し、段丘堆積物は乌龙盆地下流左岸に広がる平坦面にも分布している。

乌龙盆地を南北に小江断層の西側断層である乌龙断層が通過する。岩石は断層に沿って激しく破碎されており、破碎帯に沿う地すべり地帯が見られる。

玄武岩は一般に硬く柱状節理が発達しているが、当該流域では断層や地すべり等による破碎を受け、また侵食小起伏面上などで長期間風化にさらされたため、玄武岩は著しく風化しており、赤色風化層が 20m に達することがある。風化層が厚いところでは小規模な地すべりや崩壊、ガリー侵食が激しく生じている。

3) 土壌

土壌については、豆腐沟同様当流域独自で調査された文献はなく、东川区地誌及び本調査の基本計画作成段階で現地採取された土壌に対する分析結果しかない。

本調査の土壌分析結果（下表）で見える限りにおいては、当流域の土壌は紅壤が多くみられが特性としては腐植土を呈している。

図 5.1.3 に標高と栄養分の関係を示すが、中国土壌全国第二次土壌調査栄養分標準分級で比較的栄養分は良好とされる分級 III 以上と当流域の栄養分の関係でみると、可給態カリについてはまずまず良好とされるのに対し、有機質、可給態窒素及び可給態リンはいずれも分級 III をかなり下回っており、これを見る限りにおいては、土壌の栄養状態はあまり良好とはいえない結果となっている。

表 R 5.1.1 土壌分析結果

観測点番号	標高 (m)	土類	土壌厚 (cm)	採取深度 (cm)	特性	植被
1	1,491	紅壤	—	30	腐植土	劍麻、苦刺等
2	1,583	燥紅土	58	20	腐食土	劍麻、扭黄茅
3	1,840	黄紅壤	47.3	20	腐食土	雲南松、禾本科植物
4	2,080	褐紅壤	53	20.00	—	草
5	2,402	褐紅壤	30 - 40	5	腐食土	草

5.1.3 気象・水文

乌龙沟流域の標高は 2,700m(水源地の龙树坪)から 1,100m(三江口:小江本川との合流部)の範囲にあり平均標高は 2,000mである。垂直性気候区分によれば、乌龙沟流域は、温暖帯半湿潤山地区および寒温帯湿潤山地区に属し、年平均気温は摂氏約 7℃～13℃、年間降水量約 830mm～1,200mm、年間蒸発量約 900～1,000mmの気候を有する。なお、中流部の乌龙街付近の盆地は、温暖帯半湿潤山地区に属し、年平均気温約 13℃、最高気温 31℃、最低気温約-9℃、年間降水量約 830mm、年間蒸発量約 900mmと推測される。

流量については他流域と同様に観測記録がないため詳細は不明であるが、「云南小江泥石流综合考察与防治规划研究」によると、乌龙河本川は渇水期においても平均約 0.5m³/sの流量が流れており、年間を通じて水流は絶えることない河川である。

5.1.4 土地利用

乌龙河流域の各種土地利用面積について、今回作成した 1/5,000 数値地形図を基に作成した土地利用図(GIS データ化)から集計を行った。当流域の土地利用状況は下記の表に示す通りである。(図 5.1.4 参照)

表 R 5.1.2 土地利用面積

土地利用項目		面積 (Km ²)	面積割合 (%)	適用
耕地	水田	7.67	5.77	
	畑地	43.02	32.38	
	その他	0.2	0.15	野菜地等
	合計	50.89	38.30	
林地	森林	32.66	24.58	
	経済林	1.16	0.87	
	灌木林	0.98	0.74	
	疎林	0	0.00	
	幼林	13.92	10.48	
	その他	0.1	0.08	苗畑、竹林等
	合計	48.82	36.75	
荒地・草地	草地	23.78	17.90	
	半荒草地	3.11	2.34	
	合計	26.89	20.24	
集落		1.71	1.29	
その他		4.55	3.42	水域、未利用地
合計		132.86		

この当流域の土地利用の特徴として次のことがいえる：

- 全体でみた林地・耕地・草地の割合で見ると、それぞれ 37%、38%、20%で林地が比較的多くなっている。
- 東川区林業局データによると森林被覆率は東川区全体で 2001 年時点、31.9%を示しているが、当流域はこれよりもかなり大きな数字となっており、かなり造林、自然環境修復がされているのが分かる。
- 草地も他の優先小流域ほどではないが、ある程度残っており、造林すべき面積がある。この草地面積は基本計画立案時に東川区の草地面積から推定した値に比べ 6%程多くなっているが、今回の判読はより精度が高いもので、この値を採用する。
- 林地の内容をみると、森林に次いで幼林の面積割合が高く、まだ造林後十分生育していない地域の多いことがうかがえる。
- 経済林はこれを見る限りでは林地の 3%未満で、アンケートでみた生態林と経済林割合（林地全体の 7%）よりもかなり少なくなっている。これは経済林がある程度点在して、固まって分布している区域が少ないことも理由として考えられる。
- 傾斜農地でみると下の表に示すように 55%近くが傾斜角度 15 度以下で棚畑（田）化が行われていることが推察される。また棚畑（田）化対象になる傾斜角度 15 度～25 度の面積は耕地全体の 22%に相当する 11.13km²である。

表 R 5.1.3 棚畑（田）化対象面積

傾斜角度	面積 (km ²)	割合 (%)	適用
15 度以下の耕地	28.09	55.20	畑・水田・ 野菜地の合 計
15 度～25 度	11.13	21.88	
25 度以上	11.67	22.93	
合計	50.89	100	

- この土地利用に関して、標高別・傾斜角度 45 度以上の面積割合をみると、

次の表に示すように、当流域では 3,000m以上の土地はないが、45 度以上の面積はほぼ全体で 10%程度を占めている。

表 R 5.1.4 標高別傾斜角度別土地利用面積割合（単位:1,000m²）

地目	標高0-1500m		1500-2400m		2400-3000m		3000m以上		合計	
	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度
林地	572.9	90.6	36,124.0	3,490.0	7,865.2	670.7	0.0	0.0	44,562.0	4,251.3
耕地	4,978.6	49.1	38,870.7	1,003.6	5,786.6	183.1	0.0	0.0	49,635.9	1,235.7
草地・半荒れ草地	3,586.2	2,298.4	16,045.6	3,831.4	913.5	209.4	0.0	0.0	20,545.2	6,339.3
その他	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	9,137.6	2,438.1	91,040.3	8,325.1	14,565.2	1,063.2	0.0	0.0	114,743.1	11,826.4

- また、地形分類図（図 5.1.2 参照）による各土地利用分類の中の崩壊地面積を標高別、傾斜別に取り出すと以下の表に示すように、3,000m以下傾斜角度 45 度以内の崩壊地では合計で 1.197km²の面積の存在が判読された。

表 R 5.1.5 崩壊地面積（単位:1,000m²）

崩壊地地目	1500m以下		1500-2400m		2400-3000m		3000m以上		合計	
	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度
林地	2.3	1.5	325.9	172.2	34.0	8.4	0.0	0.0	362.2	182.2
耕地	10.7	2.5	122.9	34.7	14.7	2.9	0.0	0.0	148.4	40.0
荒地・半荒れ草地	130.0	136.9	536.0	352.7	20.5	10.0	0.0	0.0	686.5	499.5
計	143.0	140.9	984.8	559.5	69.3	21.3	0.0	0.0	1,197.1	721.7

- この他、同じく地形分類によるガリーを含む 0 次谷の存在については GIS データを基に、ガリーを含む 0 次谷延長距離：516 k mが確認された（図 5.1.2 参照）。

5.1.5 災害状況

1) 被災記録

乌龙河流域についても大規模な土砂災害に関する記録は残っていない。しかし村民委員会に対するアンケート結果（表 R.2.1.3）によれば、過去 30 年間において、41 小組で地すべり、51 小組で洪水被害、22 小組で土石流、14 小組でがけ崩れが発生したようである。被害は農地に対するものがほとんどであるが、洪水による死者が坝塘村石头小组で 1 名、大村子村米租嘎小组で 2 名、瓦房村下土城で 3 名の計 6 名が報告されている。

2) 災害の危険性

図 5.1.5 に本調査において作成した乌龙河流域の広域ハザードマップを示すが、穏やかな山容を反映して他の 3 優先小流域と比較すると、急傾斜地や地すべり地形が少ない。それでも地すべり警戒地域内に約 2,300 軒、急傾斜地崩壊警戒地域内に約 500 軒の家屋がある。

中流部の盆地部の西側斜面には 6 本の土石流危険溪流があり、広域ハザードマップには 100 年確率土石流の氾濫地域が示してある。それによると計 130 軒の家屋が氾濫区域に入っている。

また地質災害予防重点地域として以下の 18 箇所が国土資源局から指定されている。

表 R 5.1.6 土砂災害警戒地区内の家屋数と国土資源局による
地質災害予防重点地域

災害の種類	ハザードマップから推定した警戒地域内の家屋数	国土資源局による地質災害予防の重点地域
土石流	130<注	① 半坡村大紅地沟、豹子洞沟、坝塘支沟、水井 ② 大村子冲沟、黑蚂节支沟、窑房管支沟 ③ 跑马村山尾巴、大石头、朱家湾大坝、半山支沟、毛树以支沟、大石头支沟 ④ 碑棋村大平滩、舒家山、大碑棋、老窑洞支沟 ⑤ 店房大坟地支台沟 ⑥ 新田村李家坟 ⑦ 水井村水平子
地すべり	2,330	① 碑棋村舒家山、小波多 ② 马店村马店 ③ 半坡村小河边 ④ 坪子村田坝 ⑤ 园子村乌法公路 ⑥ 水井二棚子 ⑦ 新田村阳光集 ⑧ 仓房村打马坎 ⑨ 仓房村田尾巴 ⑩ 棚子村小红坡 ⑪ 互房村包谷地
急傾斜地崩壊	510	
合計(重複を除く)	2,480	

<注：100 年確率土石流で氾濫水深 10cm 以上を土石流警戒地域とする。

3) 災害対策

乌龙河流域の土石流危険溪流である老龙箐、李家湾、野鴨塘などでは、砂防えん堤や流路工が整備されているが、流域の荒廃度に較べて構造物対策の絶対量は圧倒的に不足している。村民委員会に対するアンケート調査結果によれば、過去 10 年間に 18,250 畝の造林、31,700 畝の封山育林、5,500 畝の退耕還林が行われている。

一方、乌龙河流域において計 282 世帯の移転（政府主導 119 世帯、自主的移転 163 世帯）が行われている。移転先は、農地から離れないように全て同じ小組内もしくは同村内となっている。

5.1.6 自然環境

1) 植物相

乌龙河流域の自然植生は四つの植生類型、四つの植生亜類型に分けられる。四つの植生類型は常緑広葉林、暖性針葉林、稀樹灌木草群、灌木群で、四つの植生亜類型は半湿潤常緑広葉林、温暖性針葉林、乾熱性稀樹灌木草群、乾熱灌木群である。

人工植生部が大きく、標高が高い区域の自然植生はよく発達し、地帯性原生植生、半湿潤常緑広葉林も一部ある。本流域の中低標高区域には二次植生が目立ち、中高標高区域には植物の原生性がやや強い。流域内の標高が低い区域、つまり乌龙河兩岸平坦な河原には水田が分布し、兩岸の山腹斜面には畑が点在している。標高 1700m 以上には温暖性針葉林植生類型中の雲南松林が現れ始め、畑・乾熱灌木群と交差分布する。標高 2000m 以上には水分条件が一層向上し、温暖性針葉林植生亜類型中の華山松—クヌギ類混合林が主要植生類型になり、雲南松林と相互交差して

分布する。地形が相対的に急峻な山腹斜面と頂上付近は人為的影響が少ないため、半湿潤常緑広葉林植生亜類型中の雲南ナラカシワ・シリブカガシ林が分布している。

2) 動物相

乌龙河流域についても優先小流域同様に、地域特有の動物の生息は、文献調査においても、現地踏査においても確認されなかった。他の優先流域にも分布しているとみられる 116 種内外の陸棲脊椎動物が本流域にも分布していると推定されるが、本地域も頂上付近の人為的影響が少ない地域を除いては、農業、商業活動の影響で、実際に分布している脊椎動物は少ないと推定される。

また当流域には湖、沼、湿地、大規模なダム貯水池がなく、国家一级保護動物であるオグロヅルに適した環境はなく、またその生息も確認されていない。

一方、云南省を含む中国南西部全域に生息しているとされる云南トゲガエル(*Paa yunnanensis*)は、豆腐沟の自然環境に関わる記載でも言及したが、IUCN の Red List に記載されている両棲類である。しかし今回の現地踏査では、その生息は確認されなかった。また、土石流が頻発していることから、両棲類が安定して生息できる環境にはないといえる。

3) 魚類

現場調査、国内の文献調査及び聞き込み調査を実施したが、他の流域と同様に、特殊な魚類は確認されなかった。

本地域も全体的に農業開発程度が高く、人類活動が頻繁で、経済活動が比較的強く、更に水土流失が深刻で、土石流が頻繁に発生するため、流域環境の変化は激しく、魚類の在来種は種類と数量とも極めて少ない傾向にある。

5.2 土石流対策の検討

5.2.1 現状の課題と計画基準点の設定

乌龙河流域においては、集落は流域中流部乌龙盆地周辺の扇状地性段丘や扇状地、本川に沿う幅 200m 程の氾濫平野などの堆積地形上に広く分布している。乌龙街を中心としたこの一帯は水利用にも恵まれ、東川区の食糧生産基地として重要な役割を果たしている。

一方、乌龙河の左岸側に位置するこの地域は、活動性の地すべり地形や崩壊地、ガリー侵食が多く見られ、西から東へ流れる多数の支川は段丘面や山頂・山腹緩斜面を侵食し土石流の危険溪流となっている。

一帯の砂防対策としては、造林、封山育林、退耕還林などの生物的対策が中心に行われてきたが、最近になって、一部の溪流において構造物対策の整備が実施された。1999～2000 年にかけては、老龙箐及び李家湾沟において、3つの砂防えん堤と総延長約 1,800m の流路工が建設されている。これらの砂防構造物の概要を下表に整理する。

表 R 5.2.1 乌龙河流域において最近建設された砂防えん堤概要

溪流名	施設名	完成年	形式	材料	堤高 (m)	有効高 (m)	堤長 (m)
老龙箐	主えん堤	1999/4	アースフィル	土砂	17.0	17.0	40.0
李家湾沟	1号えん堤	2000/10	重力式	練石積み	8.0	7.0	27.0
李家湾南支沟	1号えん堤	2000/10	重力式	練石積み	8.3	7.5	22.5

表 R 5.2.2 乌龙河流域において最近建設された流路工概要

溪流名	完成年	材料	深さ (m)	底幅 (m)	頂部幅 (m)	勾配	延長 (m)
老龙箐-野鴨塘	1999/4	練石積み	2.50	2.00	3.20	1/8.1	492
李家湾沟	2000/10	練石積み	1.50	2.00	2.70	1/6.3	1,000
李家湾南支沟	2000/10	練石積み	1.50	1.45	1.50	1/14.3	350

崩壊地、ガリー侵食など流域の荒廃は進んでおり、土石流の危険に対してこれらの構造物対策は十分とはいえない。しかしながら、当流域における主要な保全対象は集落であり、东川区市街地に比べると人口が圧倒的に少ないこと、集落は溪流に比べて比較的標高の高い地域に分布していることを考えると、氾濫計算を含めた詳細な検討を行い構造物対策の必要性を検討する必要がある。

以上の現状を踏まえ、乌龙街周辺の6溪流を乌龙河流域の土石流対策検討溪流とし、基準点及び計画規模を下表のとおりとする（基本計画時に設定した基準点と同じ）。

表 R 5.2.3 乌龙河流域の土石流対策基準点と計画規模

支川流域	流域番号	基準点	溪流名称	流域面積 (km ²)	計画規模 (確率年)		適用
					土石流	洪水	
乌龙河	DZ-1	1	冉家沙沟	4.47	20	5	
		2	薛家沟	1.64	20	5	
		3	老龙箐	3.81	20	5	
		4	李家湾沟	2.07	20	5	既設えん堤1基
		5	李家湾南支沟	0.39	20	5	既設えん堤1基
		6	大箐沟	0.79	20	5	

5.2.2 代替案の検討

1) 計画流出土砂量と土石流ピーク流量

計画基準点における検討対象6溪流の整備率は、既設砂防えん堤による土砂捕捉量を計算し下表の通りとなる。

表 R 5.2.4 乌龙河流域既設砂防えん堤の土砂捕捉量と整備率

基準点	えん堤	川幅 (m)	堆砂幅 (m)	河床勾配	有効高 (m)	土砂捕捉量 (m ³)	計画流出土砂量 (m ³)	流域整備率
4	李家湾沟1号	8.0	23.0	1/10.4	7.0	3,000	50,000	6.0%
5	李家湾南支沟1号	12.0	19.0	1/13.0	7.5	6,000	17,000	35.3%

上記の流域整備率を考慮し、施設対策の基本となる計画流出土砂量と土石流ピーク流量を下表の通り算出する。

表 R 5.2.5 乌龙河流域基準点の計画流出土砂量と土石流ピーク流量

基準点	流域整備率	流路工計画対象流量 (m ³ /s)	計画土砂量 (整備率考慮前)		計画土砂量 (整備率考慮後)	
			流出土砂量 (m ³)	土石流ピーク流量 (m ³ /s)	流出土砂量 (m ³)	土石流ピーク流量 (m ³ /s)
1	0.0 %	32.8	80,000	118	80,000	118
2	0.0 %	14.0	44,000	51	44,000	51
3	0.0 %	28.6	73,000	103	73,000	103
4	6.0 %	17.0	50,000	61	47,000	58
5	35.3 %	4.0	17,000	15	11,000	10
6	0.0 %	7.4	27,000	27	27,000	27

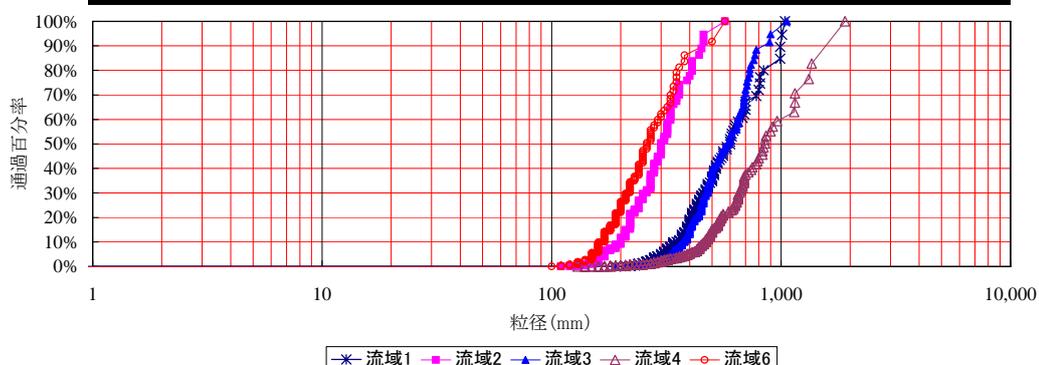
2) 代替案の検討

代替案の各施設は、『2.1 土石流対策の基本方針』に記した考え方にに基づき配置する。

また、透過型砂防えん堤のスリット幅検討のために実施した検討対象溪流の巨礫調査結果を下記に整理する。この調査は、各溪流の中流部付近 400m 区間において 200 個以上の礫を測定しまとめたものである。

表 R 5.2.6 乌龙河流域検討対象溪流の巨礫調査結果

小流域	乌龙河 1	乌龙河 2	乌龙河 3	乌龙河 4	乌龙河 6
95%粒径 (cm)	101	47	91	174	53



代替案 1 及び代替案 2 の施設規模及び概算費用を表 4.2.1~4.2.4 に、また、その概要を表 R 5.2.7 に示す。

表 R 5.2.7 烏龍河流域土石流対策代替案比較

支川流域	基準点	代替案 1: 砂防えん堤+流路工			代替案 2: 導流工+流入部床固め		
		えん堤 基数	流路工 延長 (m)	工事費 (千元)	導流工 延長 (m)	床固め 基数	工事費 (千元)
烏龍河	1	2	1,320	3,363	1,320	1	2,140
	2	3	660	3,102	660	1	1,038
	3	4	400	4,692	400	1	965
	4	4	1,100	4,309	1,100	1	1,806
	5	2	300	1,843	300	1	499
	6	2	1,410	2,347	1,410	1	1,473

5.2.3 最適案の選定

経済性などの観点から上記代替案 1、代替案 2、もしくは対策をしない（ゼロオプション）の中から最適案を選定する。

1) 便益の算定

選定に先立ち、3.2.4 便益算定で述べた方法によって、上記土石流対策が実施された場合の便益を算定した。その結果を下表にまとめる。また図 5.2.1 に土石流氾濫計算結果を、表 5.2.1 に基準点 6 についての詳細な被害額軽減額算定結果を示す。

表 R 5.2.8 土石流対策便益(市場価格)

流域	基準点	被害軽減額 (千元/年)					農地開発便益			合計 (千元/年)
		家屋家財 公共施設	農作物	人命 損失	間接 被害	合計	面積 (畝)	便益単価 (元/畝/年)	便益 (千元/年)	
烏龍河	1	0	6	0	1	7	60	1,300	78	85
	2	1	5	0	3	9	40	1,300	52	61
	3	4	13	0	7	24	40	1,300	52	76
	4	12	21	4	27	63				63
	5	3	11	2	7	24				24
	6	31	11	38	54	134				134
	合計	51	67	44	99	261	100	1,300	130	391

他の優先小流域に較べて、総じて便益が小さいようである。この主な理由としては、ほとんどの住居が比較的小高いところにあり、土石流被害が少ないことが上げられる。今回の土石流氾濫解析はこのような特性をよく反映しており、また烏龍鎮での防災ワークショップでもこの点が確認されている。

2) 最適案の選定

各代替案に対する経済評価を下表に示す。経済評価指標として費用便益比 (B/C)、純現在価値 (NPC=B-C) を、割引率 8%、施設の寿命 50 年として算定した。また費用としては表 R 5.2.7 の工事費に、基準点 1~3 について農地整備費用 (1,500 元/畝、現地聞き込み結果) を加えている。さらに市場価格から経済価格への変換 (Conversion Factor) には一律 85% を乗じた。

表 R 5.2.9 土石流対策代替案の経済評価

流域	基準点	便益 (千元/年)		代替案1 (砂防えん堤+流路工)				代替案2 (導流工+流入部床固め)			
		市場価格	経済価格	費用 (千元/年)		便益費用 比率 B/C	現在価値 NPV B-C (千元)	費用 (千元/年)		便益費用 比率 B/C	現在価値 NPV B-C (千元)
				市場価格	経済価格			市場価格	経済価格		
乌龙河	1	85	72	3,453	2,935	0.26	-2161	2,230	1,896	0.43	-1,083
	2	61	52	3,160	2,686	0.20	-2152	1,098	933	0.64	-335
	3	76	65	4,752	4,039	0.16	-3399	1,025	871	0.87	-115
	4	63	54	4,309	3,663	0.14	-3143	1,806	1,535	0.39	-938
	5	24	20	1,843	1,567	0.12	-1375	499	424	0.55	-191
	6	134	114	2,347	1,995	0.66	-678	1,473	1,252	1.07	92
	計	443	377	19,806	16,884	0.24	-12908	8,071	6,911	0.63	-2,570

経済評価の結果を参考に、以下に示す理由から、乌龙街に隣接する基準点6 (大管沟) については代替案2 (導流工+流入部床固め) にて整備するものとするが、他の基準点については対策工は経済的に成り立たず、ゼロオプションを採用する。

- 基準点6 (大管沟) は代替案2 について、B/C が1以上となっている。
- 基準点6 (大管沟) 以外は、代替案1、2案についてもB/Cが1を大きく下回る。

5.2.4 最適案の施設概略設計

前述の検討より、乌龙河流域土石流対策としては、基準点6の大管沟にのみ土石流構造物対策が必要という結論が得られ、工法として代替案2の『導流工+流入部床固め』が選定された。施設の概要を下表 (詳細は表4.2.6参照) に、概略設計図を図5.2.2~5.2.3に示す。

表 R 5.2.10 乌龙河基準点6の土石流対策最適案の概要

位置	構造物	概略工事費 (千元)
基準点6	流入部床固め工 (有効高5m) 1基	247
基準点6から乌龙河本川まで	導流工 (深さ2.1m、幅6m) 延長1,410m	1,226
合計	流入部床固め工1基、導流工総延長1,410m	1,473

5.3 水系砂防対策の検討

5.3.1 流域の特性および現状の課題

当流域で生物対策 (造林および棚畑(田)化) を実施する上で以下の特性・課題がある。

1) 造林を実施する上での特性及び課題

造林を実施する上での特性及び課題を整理すると以下のようである。

- 造林に対する必要性の認識については、ワークショップでの議論でも確認されたが、参加者全員が必要性を認めている。(表2.2.1参照) また小組のアンケートでも造林に対して住民は63%ではあるがボランティアで参加しており、造林実施そのものについては、住民の理解は十分得られる。(図5.3.1(1)参照)
- 造林樹種を決める上で、生態林・経済林・薪炭林にどの程度重きを置くべき

かという課題をみると、当流域では小組に対するアンケート結果（図 5.3.1(1)参照）では現状での植樹割合としては 84%が生態林で占められている。しかし、住民とのワークショップによる希望をみると経済林の割合が大きく 66%が経済林を希望しており、生態林は 25%に過ぎない。これは、東川市街地という市場を近くに控えて、経済林による販売が十分成り立っていることによるものと考えられる。（小組に対するアンケートでは経済林の生産物販売は 60%以上が東川市街地となっている。）

- 造林後の生育状況をみると小組に対するアンケート結果（図 5.3.1(1)参照）によれば、当流域の生育状況は「順調」・「ほぼ順調」合わせて 83%で比較的良好である。また生育の悪い理由として水不足の他、土壌が原因という指摘もあり、実際の造林に際しては十分な土壌調査が必要と考えられる。
- その他の課題として小組のアンケートで指摘されているのは、樹種の選定、気温、土壌、斜面傾斜角度等があり、これらについては基本的にこのような状況も樹種の選択の際に考慮が必要である。

2) 棚畑(田)化する上での特性及び課題

棚畑（田）化する上での特性及び課題を整理すると以下のようである。

- 棚畑(田)化について、小組のアンケート結果（図 5.3.1(2)参照）をみると現状で既にかなり棚畑(田)化されているようで、組数 60 組のうち約 40 組で棚畑(田)化を実施している。またワークショップに参加した住民の中でも 60%が実施したと答えている。
- ワークショップを通しての住民から得られた議論では、すべての参加者が棚畑(田)化必要と感じており、この事業を実施する上での住民の理解・協力は十分得られる。
- ワークショップでの結果をみると、今後棚畑（田）化を予定している住民はまだ 44%ある。また傾斜農地の 50%～100%を棚畑(田)化したいという希望は 96%に及んでいる。（図 5.3.2 参照）
- ただ、この棚畑（田）化の課題としてあげられているのが、資金不足である。住民の希望として、資機材については、政府から資金を供与してもらえば、労働力については住民が対応（場合によって有償）するという意見である。

5.3.2 基本条件の設定

ここでは前節の当流域の特性と課題を受けて、水系砂防対策（生物的対策及び構造物対策）を計画するための基本条件を設定する。

1) 生物的対策

生物的対策では造林もしくは造林+山腹工を行うが、これを計画する上で必要のある基本条件は次のものである。

- 対策対象となる土地面積の設定
- 造林実施条件の設定

a) 造林対象となる土地面積の設定

造林対象となる土地面積は前述の土地利用から得られる草地面積と各土地利用の中で判読される崩壊地面積である。先述のように、土地利用面積は 5000 分の 1 地形図にもとづいて、また崩壊地面積は 2 万分の 1 航空写真に基づいて

作成されている（図 5.1.2 及び図 5.1.4 参照）。この草地面積及び崩壊地面積は各標高ごとに集計すると下記の表のようになる。

表 R 5.3.1 造林対象面積の選定(単位:km²)

地被状況		標高 (m)			合計
		1500 以下	1500-2400	2400-3000	
草地・半荒草地		2.869 (3.586)	12.837 (16.046)	0.731 (0.914)	16.436 (20.545)
崩壊地	草地・半荒れ草地	0.104 (0.130)	0.429 (0.536)	0.017 (0.021)	0.550 (0.687)
	耕地	0.009 (0.011)	0.098 (0.123)	0.012 (0.015)	0.119 (0.148)
	林地	0.002 (0.002)	0.261 (0.326)	0.027 (0.034)	0.290 (0.362)
	計	0.115	0.788	0.056	0.959

() 内の数字は 80% をかける前の土地利用図及び地形分類図読み取り面積

このうち造林+山腹工を設置するのは崩壊地（荒山草地、耕地、林地）の区域に対してである（図 5.3.3 参照）。

b) 造林実施条件の設定

造林実施の条件として下記に示すものを設定する。

- 造林の割合設定（生態林、経済林、薪炭林）
- 造林樹種の設定
- その他造林に必要なインフラ設定（管理道路、保護員小屋の設置）

i) 造林の割合設定

前述の当流域の特性で述べたように、当流域では薪炭林の必要性が非常に高くまた経済林の要望も高くなっているが、荒地・草地の各種造林条件からこれらの要望を取り入れることは難しく、第 3 章で述べた方針に従い生態林・経済林・薪炭林の植樹面積割合を 80 : 8 : 12 とする。

ii) 造林樹種の設定

造林樹種は一般に標高ごとの適正樹種として表 3.3.1 に示すものが適用されている。各造林対象地での条件から最適なものとして、表 5.3.1 に示す樹種を選定した。

iii) その他造林に必要なインフラ設定（管理道路、保護員小屋の設置）

その他造林に必要な種々のインフラのうち、前述に示した基準に基づき管理道路、保護員小屋などを整備する。

2) 構造物対策

構造物対策で基本条件設定が必要な項目は次の 2 つである。

- ガリー侵食地の延長及び谷止め工の設置間隔及び設置個数
- 棚畑(田)化面積の設定

a) ガリー侵食地の延長及び谷止め工の設置間隔及び設置個数

i) ガリー侵食地の延長

先の基本方針で述べたように、ガリー侵食地の延長は 20,000 分の 1 地形図判読によるガリー侵食地を含む 0 次谷の延長からその 50% とし、さらにその半分の延長に谷止め工を設置する。当流域のガリー侵食地を含む 0 次谷の延長は図 5.3.3 に示すように 516km になっている。このことからガリー侵食地は $516\text{km} \times 0.5 \times 0.5 = 129\text{km}$ となる。

ii) 谷止め工の設置間隔及び設置基数

谷止め工の設置間隔は豆腐溝で述べたと同様の考え方から 37m に 1 基必要とし、先のガリー侵食地の延長距離をこの間隔で除すると、その設置個数は 3,486 基となる。

b) 棚畑(田)化面積の設定

棚畑(田)化の面積は同じく土地利用図から求められる農地面積、傾斜区分図による 15 度～25 度の範囲にある傾斜農地、さらにその傾斜農地に対して地形判読による既に棚畑(田)化された面積を除いて求められる。図 5.3.5 に最終的に得られた傾斜農地の区域を示す。この面積の総計は 11.1km^2 になっている(表 R5.1.3 参照)。

5.3.3 計画策定

前述の基本条件を基に生物的対策と構造物対策から構成される当流域の水系砂防対策の計画策定を行う。

1) 生物的対策

a) 荒地草地に対する造林

i) 計画諸元

荒地草地に対する造林について、5,000 分の 1 地形図を用いて各小区域に分割し(図 5.3.4 参照)、それぞれについて生態林・経済林・薪炭林の割合及び地域特性を考慮しながら造林樹種を決め、各樹種の植樹面積を求めた。表 5.3.1 に造林樹種面積を示す。

造林に必要な道路整備延長、保護員小屋面積は下表に示す通りである。

表 R 5.3.2 付帯施設数量

項目	細目	数量	適用
道路	防火帯	19km	
	巡視保護用	15km	
	歩行者用	15km	
保護員小屋 (31名)		620m^2	$20\text{m}^2/\text{人}$

ii) 工事費算定

上述の各樹種ごとの植樹面積に対して、植樹単価を乗じて植樹の工事費を算定、その他、道路整備延長、保護員小屋などの付帯工事費も合わせて表 5.3.2 及び 5.3.3 に示す。

iii) 便益算定

荒山草地の造林に対する便益は以下の項目である。

- 流出土砂の抑制効果
- 造林による温暖化ガス吸収効果及び保水効果
- 経済林植樹による生産効果

これらの効果をまとめて表 5.3.4 に示す。

b) 崩壊地に対する造林+山腹工

i) 計画諸元

崩壊地に対する造林及び山腹工の対象面積は表 R 5.3.2 に示すとおりである。この崩壊地に対する造林は基本的に生態林を植樹する。植樹樹種は荒山草地と同様、その標高で比較的その地の条件に適した樹種を選定する。表 5.3.5 に各樹種の植樹面積を示す。

ii) 工事費の算定

工事費は造林費用及び山腹工の設置費用である。上記面積に各樹種ごとの造林単価及び面積当たりの山腹工単価を乗じて工事費を算定する。下表にその結果を示す。(表 5.3.5 参照)

表 R 5.3.3 崩壊地対策工事費(造林+山腹工)

崩壊地地目	事業費 (千元)	適用
林地	2,827	
耕地	1,158	
草地・半荒れ草地	5,350	
合計	9,334	

iii) 便益算定

崩壊地に対する造林+山腹工の便益は、前項荒山草地に対する便益とほぼ同様であるが、経済林は植樹しないので、これを除いた以下のものである。

- 流出土砂の抑制効果
- 造林による温暖化ガス吸収効果及び保水効果

表 5.3.6 に便益計算の取りまとめ結果を示す。

2) 構造物対策

a) ガリー侵食地に対する谷止め工設置

i) 計画諸元

ガリー侵食地に対する谷止め工の数量は前述のように全体で3,486基が必要である(5.3.2. 2) a) 参照)。

ii) 工事費の積算

工事費は、上記谷止め工の総基数に1基あたりの単価を乗じて求める。下表に工事費を示す。

表 R 5.3.4 ガリー侵食対策工事費

谷止め基数	単価	工事費(千元)	適用
3,486	3,640 元/基	12,691	

iii) 便益算定

ガリー侵食地に対する谷止め工設定の便益としては、基本的にガリー侵食による土砂生産量の抑制である。この抑制量及び便益は下表に示す通りである。

表 R 5.3.5 ガリー侵食対策効果及び便益

効果項目	効果量	便益原単位(千元)	便益額(千元)
表面侵食抑制効果	$129\text{km} \times 400\text{m}^3/\text{km}$ $= 51,600\text{m}^3$	9 元/ m^3 /年	464.4

b) 傾斜農地の棚畑(田)化

i) 計画諸元

棚畑(田)化する傾斜農地の面積は図 5.3.5 に示す、傾斜農地を集計すると総計 11.13km^2 (16,695 ムー)になる。

ii) 工事費の積算

棚畑(田)化に要する工事費は石積み工+土の切り盛り費用である。この単価は前に述べたように 2.3 元/ m^2 (1,534 元/畝)でこれに棚畑(田)化面積を乗じて工事費を求める。下表に工事費を示す。

表 R 5.3.6 棚畑(田)化工事費

棚畑(田)化面積(km2)	単価(千元/km2)	工事費(千元)	適用
11.13 (16,695)	2,300 (1.53)	25,599	()内は畝表示

iii) 便益の算定

傾斜農地の棚畑(田)化の便益は生産土砂の抑制効果と農地改良効果である。このうち生産土砂の抑制効果は m^3 当たりの抑制量で表される。また農地改良効果については前に述べた如くリース料の差から生産コストを減じた100元/畝を適用する。下表に便益算定結果を示す。

表 R 5.3.7 棚畑(田)化による便益

便益項目	評価量	便益原単位	便益(千元)
生産土砂の抑制効果	11.13km ² x 4,000m ³ /km ² =44,520m ³	9元/m ³	400.7
農地改良効果	11.13km ² (16,695)	150(千元/km ²) (100元/畝)	1,670 ()内は畝表示

3) 計画数量・工事費・便益取りまとめ

前述の生物的対策、構造物対策の計画数量、工事費、便益を取りまとめて表 5.3.7、表 5.3.8 に示す。この結果烏龍河流域の水系砂防対策に対する総工事費は 61,856 千元、年間維持管理費は 309.3 千元/年、総便益は 6,459 千元/年となる。

5.4 非施設対策の検討

3.4 非施設対策での基本方針に沿って、本流域のハザードマップの活用、群測群防強化について具体化する。

5.4.1 本流域の災害特性と非施設対策

本流域では、まず山間部での地すべり、急傾斜地崩壊が問題である。5.2 土石流対策の検討で述べたように土石流については、大箆溝を除き、構造物対策は施されないため、予警報などによる警戒避難対応が必要である。

これらの対策として、下表のようにハザードマップの活用、群測群防の強化、さらに第 8 章で述べる予警報システムの整備を提案する。

表 R 5.4.1 非施設対策と対象とする災害

非施設対策	主に対象とする災害	主な保全対象
ハザードマップの活用	土石流、地すべり、急傾斜地、洪水	全地域
群測群防の強化	地すべり、急傾斜地崩壊	山間部集落
予警報システム	土石流、洪水	盆地部の集落

すなわち、群測群防は山間部の集落で問題となる地すべり、急傾斜地崩壊を対象とする。盆地部の集落の住民には、従来の郷鎮政府→村民委員会→小組という情報網を通じて土

石流の危険性を知らせる。その大本となる降雨情報は第8章で述べる予警報システムから得られることになる。さらに群測群防や予警報システムに基づいた避難活動などに役立てるためにハザードマップを活用する。

5.4.2 ハザードマップの活用

ハザードマップは広域ハザードマップと地区防災マップの2種類を作成する。

広域ハザードマップは乌龙河流域全域について、小江工程管理局（仮称）が作成し、関係機関へコピーを配布する。当面は調査団が作成した図5.1.5を採用するものとするが、その後の災害実績、土地利用の変化などを参考に5年毎に見直しを行う。

地区防災マップはワークショップを通じて、住民が作成する。この地区防災マップには危険箇所の他に避難地、避難経路を記入する。作成対象地区は次節で述べる59箇所の群測群防強化候補地区である。作成後は関連行政機関へコピーを配布するほか、群測群防責任者宅で掲示し、住民が簡単に閲覧できるようにする。

5.4.3 群測群防の強化

群測群防強化は山間部の地すべり、急傾斜地崩壊を主な対象とする。図5.1.5の広域ハザードマップを参考に、新たな強化対象候補地区として表5.4.1に示すの59地区を選定した。このときの選定基準は10軒以上の家屋が、地すべり警戒地域もしくは急傾斜地崩壊警戒地域に入っている集落である。

これらの59候補地区のどの地区を実際の強化地区とするかについては、現場での地区防災マップの作成、現地踏査などを通じて決定する。

第6章 東川市街地流域土砂災害対策および自然環境修復プロジェクト

6.1 東川市街地流域の現状

東川市街地流域（図 6.1.1）は、東川区の政治経済の中心である東川市街地を抱える都市河川流域である。流域の比生産土砂量は比較的小さいが、流域には8本の土石流溪流があり、扇状地上に開かれた市街地部に生活する約6万人の住民に脅威を与えている。

6.1.1 社会経済

アンケート調査結果（2.1 小組に関するアンケート調査を参照）や統計資料を参考に東川市街地流域の社会経済に関して概説する。

1) 人口・民族

東川市街地流域は深沟流域（37.6km²）と石羊沟流域（18.4km²）からなり、流域面積は合計 56.0km²、行政的には東川区銅都鎮（2005年6月の郷鎮政府改革により旧新村鎮、碧谷鎮、姑海郷が合併して銅都鎮となった。）に属する。流域下流部の深沟、石羊沟などの土石流氾濫によってできた扇状地上には市街地が形成されており、東川区政府もここに位置し、当流域は東川区の政治・経済の中心地となっている。

東川市街地流域（銅都鎮）は、社区と呼ばれる都市型中心市街地区と村と呼ばれる社区を取り巻く郊外および農村地域に分けられる。社区は居民委員会、郊外および農村地域は村民委員会が鎮政府下の自治組織として機能する。

統計資料「東川区国民統計資料 2002」によると東川市街地流域内の社区人口は約46,000人、一方アンケート調査による村地区の人口は約24,000人で合計約70,000人と推定される。人口密度は1,250人/km²で、他の優先小流域の6~12倍程度となっている。

この地域の住民の約9%は少数民族であり、優先小流域の中で最も少数民族の割合が高い。その内訳は、彝族2.6%、回族2.4%、苗族1.8%、布依族1.0%などとなっており、これら少数民族住民は山間部よりも主に扇状地の市街地部やその周辺に多い。

2) 生計手段

村地区の住民の主な生計手段は農牧業であるが、出稼ぎや日雇いも大きな収入源となっている。1世帯当りの農地面積は1.7畝であり、この地域の主な農作物は、野菜、水稻、サツマイモ、とうもろこし、ジャガイモ、麦等となっている。牧畜業も盛んであり、豚10,200頭、山羊3,300頭、牛1,200頭等が飼育されている。アンケートによる世帯あたりの平均年収は2,700元である。

2004年に行われた東川市街地住民に対する住民意識調査結果（サンプル数社区住民計134人）によると、住民の職業は、公務員、労働者、店員などであり、世帯あたりの平均年収は19,000元であり、他の優先小流域や当流域の村地区と較べて圧倒的に多い。

3) 社会資本整備

市街地に近いこともあり、村地区においても車道の整備率は高く、91%の小组に車道が通っている。しかし山間部では道路のほとんどは未舗装であり、雨季には通行が困難となる。現在、東川市街地から、北へ延びる東川—巧家道路（2007年完成

予定) および南へ延びる龙潭—东川道路(2005年完成予定)が建設中であり、これらが開通すれば、东川区内および昆明や巧家への交通が大いに便利になる。

道路と同じく、东川市街地流域でも山間部では社会資本整備が遅れている。電気はほぼ全小組に供給されているが、村地区では水道施設の普及率は75%に過ぎない。村地区の小学校や医療施設へのアクセスに費やす時間はそれぞれ平均で29分、57分となっている。中には医療施設へのアクセスに要する時間が2時間を越える小組もある。

4) エネルギー

社区では煮炊きや暖房用に使用するエネルギーとしては電気またはLPガスがほとんどである。

他の優先小流域とはことなり、村地区でも薪は少なく、石炭、電気が主要エネルギーとなっている。薪は煮炊きエネルギーの29%、暖房エネルギーの8%に過ぎず、石炭および電気が煮炊きエネルギーの80%、54%、暖房エネルギー51%、13%をそれぞれ占めている。バイオガスの普及率も高く、煮炊き用エネルギーの31%、暖房用エネルギーの38%を占めている。

5) 都市計画および腊利新区科学技術産業パーク事業

东川区都市計画局によれば、2003年から始めた2020年を目標年とした、东川市街地の都市計画全体計画がようやく完成したとのことである。その計画内容は都市計画面積11.2km²、計画人口が26.9万人(この中で都市人口は12.2万人)である。この全体計画には2010年を目標年次とした中期目標も設定されており、その都市計画面積は4.6km²である。

一方、东川市街地西南部(石羊沟流域)では、东川不動産開発公司によって腊利新区というハイテク、バイオ技術、医薬、軽工業、紡績などからなる総合的科学技術産業パークが造成中である(図6.1.1参照)。計画面積は2km²で完成目標年次は2013年であり、すでに道路建設などの造成工事が始まっている。

この腊利新区は、2004年4月に云南省政府からの許可を得て設立した、全国で唯一の税金ゼロの地区である東川再就職特区の一重点地区となっている。進出企業には、税制優遇処置や特区による被雇用者の保険負担や職場手当の負担などの優遇措置が施される。このような施策を通じて、东川区政府は鉱業の衰退により生じた失業者の受け皿とすることのほかに地域の振興を図っている。

6.1.2 地形・地質・土質

1) 地形

深沟は小江流域東側分水界の最高峰大牯牛山(4,017m)を水源とし、北東から南西に約12km、比高差にして約2,900m流下して小江に合流する流域面積約38km²の急勾配都市河川である。河川勾配は山間部で平均1/5.6、扇状地部で平均1/20~30程度である。主な支川には白云沟、老干沟(祝国寺沟)、尼拉姑沟がある。老干沟(祝国寺沟)、尼拉姑沟や深沟本川など扇状地に注ぐ河川はいずれも土石流危険溪流であり、市街地に大きな脅威をあたえている。図6.1.2に地形分類図を示す。

深沟最上流部と深沟支川白云沟の間は、高さが 500m 以上の白雲岩の壁岩と深いV字谷より成るきわめて急峻な地域で、地すべり地形が少ない地域となっている。それに対して深沟上流右岸や白云沟左岸、深沟中流部は地すべり地帯となっている。本川上流右岸には規模の大きな崩壊地が見られるが、全般的に崩壊地は少ない。標高 1,300m 付近で深沟は新村盆地に達する。現在の深沟は新村盆地に形成された土石流扇状地を再侵食して流下しており、東川の扇状地面と深沟の河床には 10m 前後の比高がある。深沟沿いの東川市街地の一部は深沟を埋め立てた人工改変地の上に立地している。

深沟や白雲沟上流部には小～中規模な崩壊地が集中するところがあるが、石羊沟と老干沟（祝国寺沟）流域の崩壊地は溪岸崩壊地を主とし全般的に崩壊地の少ない流域となっている。

老干沟（祝国寺沟）は大牯牛山から南西に延びる幅の広い尾根の標高 2,000m 付近を水源とし、新村盆地に扇状地を形成し、深沟下流で深沟に合流する溪流である。扇頂部上流域は全体が地すべり地形となっていて、地すべりブロック上の緩斜面が広い面積を占める。祝国寺沟は深い谷を形成せず、全体が大きなガリー状の谷となっている。新村盆地への出口は標高 1,400m 付近にあるが、祝国寺沟のつくる扇状地の上部はわずかに段丘化していて、より新しい扇状地は谷口より下流約 1km 付近から始まる。

石羊沟は深沟支川白云沟と小海河の間の標高 3,000m の尾根を水源とし、西に向かって流下し、新村盆地に広大な扇状地を形成する流域面積約 18km² の溪流である。本川河川勾配は山間部で平均 1/4.2、扇状地部で平均 1/20～30 程度である。主な支川として徳莫沟や棺材沟（余家沟）があるが、これらも石羊沟本川とともに土石流危険溪流であり、東川市街地に大きな脅威となっている。

上流山地の大部分は地すべり地形となっており、比較的新しい亀裂、段差を伴う地すべりブロックや大規模に崩落した地すべり地形が見られる。上流域はほぼ全域が地すべり地形のため地すべりブロック内緩傾斜面が各所に見られ、集落や耕地として利用されている。石羊沟はかつて支川の徳莫沟から流出した土砂で埋積された時代があり、下流では徳莫沟の段丘が石羊沟との分水界を形成している。石羊沟と徳莫沟のつくる土石流扇状地はきわめて広大で東川市街地の大半は石羊沟の扇状地上に立地する。

2) 地質

深沟には震旦系や古生界の堆積岩類が主として分布し、最上流部の分水界付近には二疊系の玄武岩類が分布する。また深沟と白云沟合流点付近一帯には小江流域では稀な火成岩である閃緑岩が見られる。新村盆地は小江断層を境に大きく沈降しており、その沈降部には湖成層や土石流扇状地性堆積物を中心とした第四系の堆積物が厚く分布している。古生層は頁岩、砂岩、泥岩、泥礫岩、白雲岩、石灰岩などで構成される。深沟と白云沟にはさまれた地域には主として変成を受けた炭酸塩岩類が分布し、きわめて急峻な地形を呈している。

幅の広い破碎帯を伴う小江断層が新村盆地を通過しているため、深沟中流や下流は断層の影響を受けて岩盤は著しく破碎を受けており、深沟中・下流部は連続した地すべり地形となっている。

石羊沟、老干沟（祝国寺沟）には震旦系と古生界の堆積岩類が分布している。深沟と同様、小江断層が新村盆地を通過するため、流域一帯は破碎を受けており山地部には巨大な地すべり地形が連続している。

3) 土壌

土壌については、当流域独自で調査された文献はなく、東川区地誌及び本調査のマスタープラン策定段階で現地採取された土壌に対する分析結果しかない。

現地調査で採取した土壌分析結果（下表参照）で見ると、当流域の土壌は紅壤が多くみられが特性としては腐植土・砂土を呈している（下表参照）。

図 6.1.3 に標高と栄養分の関係を示すが、中国土壌全国第二次土壌調査栄養分標準分級で比較的栄養分は良好とされる分級 III 以上と当流域の栄養分の関係でみると、他の流域に比べ有機質分布、可給態窒素、可給態カリについてはまずまず良好とされ、比較的栄養分には富んでいる。ただ、可給態リンについては他の流域同様分級 III をかなり下回っている。

表 R 6.1.1 現地土壌分析結果

観測点番号	標高 (m)	土類	土壌厚 (cm)	採取深度 (cm)	特性	植被
1	1,180	紅壤	-	-	砂石土	石榴、禾本科植物
2	1,630	黄紅壤	100	30	砂土	合歡他
3	1,860	褐紅壤	40	14	砂土	野草他
4	2,120	褐紅壤	12	-	腐植土	雲南松、馬桑他
5	2,381	褐紅壤	20	-	腐植土	雲南松、馬桑、草

6.1.3 気象・水文

東川市街地流域の標高は、約 1,200m（小江近傍）から約 4,000m（牯牛寨）の範囲にある。その 75%以上は標高 1,400m以上の山地であり、残りの 25%を占める扇状地（標高約 1200m～約 1400m）には東川市街地が広がっている。垂直性気候区分からみると、東川市街地流域は 3 段階に別れる垂直性気候（亜熱帯半乾燥河谷区、温暖帯半湿潤山地区、寒温帯湿潤山地区）の全ての特徴を有する流域になっている。

東川市街地の西側台地上に位置する東川区気象局（新村：標高 1254m）においては、長期間の気象観測を継続して実施している。この気象局の観測所は新村観測所と呼ばれ、東川市街地周辺の気象についてはこの観測記録より窺い知ることができる。表 R 6.1.2 によると、東川市街地の台地周辺は、年間を通じて比較的温暖で湿度の上昇も穏やかであり、ることから非常に過ごし易い気候であることが伺える。なお、雨季（5月から 10月）の降雨量は、年間降水量の約 87%を占めており、年間降水量は 700mm、年間蒸発量は約 2,100mm に達する。

表 R 6.1.2 気象観測記録(新村観測所)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間
降雨量	7.6	13.7	9.6	19.8	72.5	154.4	127.9	101.4	86.9	65.9	25.1	8.3	693.1
気温	12.5	15.3	20.6	23.9	25.1	24.1	25.2	24.4	23.0	19.5	16.0	13.1	20.2
蒸発量	144	175	274	311	283	169	168	150	147	123	118	115	2,099
湿度	47	41	35	38	49	66	67	69	65	66	58	52	54

単位：降雨量(mm), 気温(摂氏℃), 蒸発量(mm), 湿度(%)

6.1.4 土地利用

东川市街地流域の各種土地利用面積は、今回作成した 1/5,000 数値地形図を基に作成した土地利用図 (GIS データ化) から集計を行った。当流域の土地利用状況は下記の表に示す通りである (図 6.1.4 参照)。

表 R 6.1.3 土地利用面積

土地利用項目		面積 (Km ²)	面積割合 (%)	適用
耕地	水田	5.07	9.05	
	畑地	8.37	14.94	
	その他	0.38	0.68	野菜地等
	合計	13.82	24.67	
林地	森林	4.54	8.10	
	経済林	1.18	2.11	
	灌木林	4.36	7.78	
	疎林	0	0.00	
	幼林	3.29	5.87	
	その他	0.04	0.07	苗畑、竹林等
合計	13.41	23.94		
荒地・草地	草地	18.75	33.47	
	半荒草地	0.49	0.87	
	合計	19.24	34.34	
集落		3.79	6.77	
その他		5.77	10.30	水域、未利用地
合計		56.02	100	

この当流域の土地利用の特徴として次のことがいえる。

- 他の優先小流域では集落 (市街地) は 1%程度しかないが、东川市街地を抱える当流域は 7%近くを集落 (市街地) が占めている。
- 全体でみた林地・耕地・草地の割合で見ると、それぞれ 24%、25%、34%となっている。
- 东川区林業局データによると、森林被覆率は東川区全体で 2001 年時点、31.9%を示しているが、当流域はこれをかなり下回っており、自然環境修復があまり進んでいないことが伺える。
- 一方で草地もかなり残っており、造林すべき面積もまだ多くある。
- 林地の内容をみると、森林・経済林・灌木林・疎林などの面積割合で森林が大きな割合を示している。その他幼林、灌木林、経済林があるがこの数字を見る限りではそれほど大きな割合にはなっていない。これは幼林、灌木林、経済林が固まって分布している区域が少ないことも反映しているものと考え

られる。

- 耕地の中で傾斜角度で区分したものを下表に示す。この表で分かるように、当流域では72%に及ぶかなりの区域で棚畑(田)化が進められている。また今回棚畑(田)化対象とする傾斜角度15度～25度の農地は下記の表に示すように1.54km²である。

表 R 6.1.4 棚畑(田)化対象面積

傾斜角度	面積 (km ²)	割合 (%)	適用
15度以下の耕地	9.95	71.99	畑・水田・ 野菜地の合計
15度～25度	1.54	11.14	
25度以上	2.34	16.90	
合計	13.82	100	

- この土地利用に関して、標高別・傾斜角度45度以上の面積割合を見ると次の表に示すように45度以上の面積は全体でほぼ20%近くを占めている。

表 R 6.1.5 標高別・傾斜角度別土地利用面積(単位: km²)

地目	標高0-1500m		1500-2400m		2400-3000m		3000m以上		合計	
	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度
林地	2.128	0.165	8.701	1.134	2.517	0.674	0.979	0.890	14.325	2.863
耕地	7.492	0.245	5.149	0.244	0.667	0.022	0.000	0.000	13.308	0.511
草地・半荒れ草地	0.447	0.085	5.968	1.856	4.288	2.038	2.339	2.195	13.042	6.174
その他	0.000	0.000	0.009	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.001
合計	10.067	0.495	19.827	3.235	7.472	2.734	3.318	3.085	40.684	9.549

- また地形分類(図6.1.2参照)による各土地利用分類の中の崩壊地面積を標高別、傾斜別に取り出すと以下の表の示すように、標高3,000m以下では傾斜角度45度以内の崩壊地面積が0.138 km²あるという結果になっている。

表 R 6.1.6 崩壊地面積(単位: 1,000m²)

崩壊地地目	1500m以下		1500-2400m		2400-3000m		3000m以上		合計	
	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度
林地	3.5	2.4	14.2	8.1	7.0	8.5	5.9	5.7	30.6	24.7
耕地	0.7	0.4	6.3	3.7	0.3	0.1	0.0	0.0	7.3	4.2
草地・半荒れ草地	0.8	0.7	50.0	38.3	55.2	44.2	28.2	24.6	134.2	107.8
その他	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	5.0	3.5	70.5	50.1	62.5	52.8	34.1	30.3	172.1	136.7

- この他同じく地形分類によるガリーを含む0次谷の存在について、GISデータをもとにガリーを含む0次谷延長距離156kmが確認された。

6.1.5 災害状況

1) 被災記録

記録の残る東川市街地流域の災害として、まず1964年6月30日の深溝および石羊溝での土石流災害が上げられる。死者数は両河川を合わせて15名、家屋被害は147棟、農地被害は3,400畝、鉄道橋は破壊され、26日間不通となった。直接被害額は時価で7千萬元を超えたと云われている。

その他に記憶に新しい災害として1997年10月1日の尼拉姑村芦柴塘での地すべり災害がある。2千万m³もの土塊が深夜に滑動し、6名が家屋もろとも飲み込まれた。また村民委員会に対するアンケート結果（表 R.2.1.3）によれば、過去30年間において、28 小組で洪水被害、10 小組で土石流、7 小組で地すべり、1 小組でがけ崩れが発生したようである。また上記の大災害以外にも中殿村中殿で1名が洪水により死亡している。

2) 災害の危険性

东川市街地の東側には計8本の土石流危険溪流があり、市街地に対して大きな脅威となっている。北から老干沟、深沟本川、尼拉姑沟、尼拉姑沟北支沟、尼拉姑沟南支沟、石羊沟本川、徳莫沟、余家沟である。図 6.1.5 のハザードマップによると市街地のほとんどが100年確率の土石流氾濫に覆われる。推定で6,900軒の家屋（事業所などを含む）が土石流警戒地域に入っている。

また山間部のほとんどの集落は地すべりブロック上、急斜面上に乗っている状態にある。下表にハザードマップから推定した危険区域内の家屋数、および国土資源局が指定した地質災害予防の4重点地域を示す。

表 R 6.1.7 土砂災害警戒地区内の家屋数と国土資源局による
地質災害予防重点地域

災害の種類	ハザードマップから推定した警戒地域内の家屋数	国土資源局による地質災害予防の重点地域
土石流 <注>	6,900	腊利村徳莫
地すべり	621	岩脚村梁子上、腊利村箐门口、尼拉姑村芦柴塘
急傾斜地崩壊	217	
合計(重複を除く)	7,569	

<注>：100年確率土石流で氾濫水深10cm以上を土石流警戒地域とする。

3) 災害対策

1964年の土石流災害以降、东川区都市建設局などによって深沟、石羊沟、尼拉姑沟、徳莫沟などに砂防えん堤や流路工が整備され、安全度は向上してきている。しかし、流域の荒廃度に較べて構造物対策の絶対量はまだまだ不足している状況にある。

一方、村民委員会に対するアンケート調査結果によれば、過去10年間に5,600畝の造林、8,200畝の封山育林、4,100畝の退耕還林が行われている。

また当流域内において計110世帯の移転（政府主導66世帯、自主的移転54世帯）が行われている。移転先は、農地から離れないように全て同じ小組内もしくは同村内がほとんどである。

6.1.6 自然環境

1) 植物相

深沟流域内の植生類型は常緑広葉林・稀樹灌木草群・灌木群など三つの植生類型、半湿潤常緑広葉林・乾熱性稀樹灌木草群・乾熱灌木群・暖性石灰岩灌木群など四つの植生亜類型に分けられる。上記以外はギンネム人工幼林と一部の農耕地を含んで

いる。深沟は東西走向に東川市街地の北部を貫通し、流域内に住居が密集し、活発な経済活動が流域内の多数の植生を著しく干渉・破壊し、流域全体の植生は二次的植生が目立つ。

石羊沟流域の自然植生類型は比較的単純で、稀樹灌木草群と灌木群の二つの植生類型、乾熱性稀樹灌木草群・乾熱灌木群の二つの植物亜類型に分けられる。これ以外に、畑、一部の水田とギンネム人工幼林がある。石羊沟流域は深沟と平行して、東西方向で東川市街地の南部を貫通し、集落も密集している。そのため人為的影響が大きく、流域内の土地は畑や果樹園に開発され、原生植生は著しく干渉と破壊を受け、地帯性原生植生がほとんど見られない。

2) 動物相

他の優先小流域と同様に、地域特有の動物の生息は、文献調査においても、現地踏査においても確認されなかった。他の優先流域にも分布しているとみられる 116 種内外の陸棲脊椎動物が本流域にも分布していると推定されるが、上記のように人為的影響が極めて大きいため、実際に生息している脊椎動物は少ないと推定される。

また当流域には湖、沼、湿地、大規模なダム貯水池がなく、国家一級保護動物であるオグロヅルに適した環境はなく、またその生息も確認されていない。

一方云南省を含む中国南西部全域に生息しているとされる云南トゲガエル(*Paa yunnanensis*)は、豆腐沟の自然環境に関わる記載でも言及したが、IUCN の Red List に記載されている両棲類である。しかし今回の現地踏査では、本流域内にその生息は確認されなかった。本流域は、土石流が頻発し、両棲類の生息環境としては良好とはいえないことに加えて、標高 1500m の地域まで町が発展し人口が密集しているため、その生息環境としては極めて劣っている。

3) 魚類

魚類に関して国内の文献調査及び聞き込み調査を実施したが、当流域においても他の優先小流域と同様に、特殊な魚類は確認されなかった。

本地域も全体的に農業開発程度が高く、人類活動が頻繁で、経済活動が比較的強く、更に水土流失が深刻で、土石流が頻繁に発生するため、流域環境の変化は激しく、魚類の在来種は種類と数量とも極めて少ない傾向にある。

6.2 構造物対策の検討

6.2.1 現状の課題と計画基準点の設定

東川区市街地は、標高 1,200~1,300m の扇状地上に発達した町で、主要溪流である深沟、石羊沟の他に、深沟北側に老干沟（祝国寺沟）、深沟と石羊沟の間に尼拉姑沟、尼拉姑沟北支沟、尼拉姑沟南支沟の 3 溪流、石羊沟の南側に徳莫沟、余家沟の 2 溪流など、多くの土石流危険溪流が市街地内を東から西に流れている。

この流域での本格的な構造物土石流対策は、1964 年の石羊沟土石流災害の後、東川区都市建設局により開始された。1983 年には、中国科学院成都山地災害環境研究所、東川泥石流研究所による深沟、石羊沟、尼拉姑沟の土石流調査研究が行われ、これらの研究成果に基づき砂防えん堤や流路工が少しずつ整備されてきている。建設された主要砂防構造物の概要を下表に整理する。

表 R 6.2.1 东川区市街地流域において最近建設された砂防えん堤概要

溪流名	施設名	完成年	形式	材料	堤高 m	有効高 m	堤長 m
深沟	1号えん堤	-	重力式	練石積み	9.0	7.0	50.0
	2号えん堤	-	重力式(透過型)	練石積み	5.2	4.0	30.0
	3号えん堤	1996/8	重力式	練石積み	5.2	4.0	25.0
	4号えん堤	1992/3	重力式(透過型)	練石積み	5.5	5.0	26.0
	5号えん堤	1992/3	重力式(透過型)	練石積み	5.5	3.0	23.0
	6号えん堤	1992/9	重力式(透過型)	練石積み	7.0	5.0	40.0
白云沟	主えん堤	1992	重力式	練石積み	10.5	8.0	40.0
尼拉姑沟	1号えん堤	1992	重力式(透過型)	練石積み	8.0	6.0	30.0
	2号えん堤	1992	重力式アーチ	練石積み	10.0	8.0	31.0
	3号えん堤	1992	重力式(透過型)	練石積み	10.0	6.0	46.0
石羊沟	1号えん堤	1982-1988	重力式アーチ	練石積み	15.6	10.0	64.0
	2号えん堤	1982-1990	重力式アーチ (透過型)	練石積み	14.5	10.0	55.0
得莫沟	1号えん堤	2003/3	重力式	練石積み	3.0	1.5	81.0

表 R 6.2.2 东川区市街地流域において最近建設された流路工概要

溪流名	完成年	材料	深さ m	底幅 m	頂部幅 m	勾配	延長 m
深沟	1984, 1986, 1992	練石積み	4.00	10.00	10.00	1/25.0	1,679
尼拉姑沟	-	練石積み	1.50	10.00	10.00	1/22.9	340
	-	練石積み	1.70	4.50	4.50	1/19.1	900
石羊沟	1984, 1986, 1992	練石積み	2.00	5.00	5.00	1/22.9	4,364
得莫沟	2003/5	練石積み	1.40	-	9.50	-	-
	2003/5	練石積み	1.60	4.30	5.00	1/10.5	350

上表に示した構造物対策により、东川区市街地の土石流に対する安全度は確実に上昇してきている。しかしながら、深沟、尼拉姑沟南支沟、石羊沟、得莫沟の土石流対策整備率は、それぞれ12%、18%、40%、2%に過ぎず（表 R 6.2.4 参照）、今後も着実に砂防えん堤等の建設を進め整備率を上げていくことが必要である。

また、流域の北端及び南端に位置する老干沟（祝国寺沟）、余家沟では、これまで構造物による土石流対策は行われていないが、市街地の拡大に伴い流域の宅地開発が進行し災害時の被害ポテンシャルが大きくなってきている。この流域においても土石流構造物対策を検討していく必要がある。

以上の現状を踏まえ、东川区市街地周辺の8溪流を土石流対策検討溪流とし、基準点及び計画規模を下表のとおりとする（基本計画時に設定した基準点に対して、深沟で2点、石羊沟で1点増加）。

表 R 6.2.3 东川区市街地流域の土石流対策基準点と計画規模

支川流域	流域番号	基準点	溪流名称	流域面積 (km ²)	計画規模 (確率年)		適用
					土石流	洪水	
东川区市街地流域	DY-3 深沟流域	1	深沟	24.52	100	20	既設えん堤7基
		2	老干沟	2.03	100	20	
		3	尼拉姑沟	0.74	100	20	
		4	尼拉姑沟北支沟	0.33	100	20	
		5	尼拉姑沟南支沟	0.74	100	20	既設えん堤1基
	DY-4 石羊沟流域	1	石羊沟	7.16	100	20	既設えん堤2基
		2	德莫沟	1.82	100	20	既設えん堤1基
		3	余家沟	0.36	100	20	

6.2.2 代替案の検討

1) 計画流出土砂量と土石流ピーク流量

計画基準点における検討対象8溪流の整備率は、既設砂防えん堤による土砂捕捉量を計算し下表の通りとなる。

表 R 6.2.4 东川区市街地流域既設砂防えん堤の土砂捕捉量と整備率

基準点	えん堤	川幅 (m)	堆砂幅 (m)	河床勾配	有効高 (m)	土砂捕捉量 (m ³)	計画流出土砂量 (m ³)	流域整備率
深沟1	深沟1号	35	40	1/6.7	7.0	6,000	200,000	3.0%
	深沟2号	20	27	1/5.5	4.0	1,000	200,000	0.5%
	深沟3号	19	23	1/4.5	4.0	1,000	200,000	0.5%
	深沟4号	16	19	1/4.5	5.0	1,000	200,000	0.5%
	深沟5号	18	18	1/4.5	3.0	0	200,000	0.0%
	深沟6号	30	30	1/4.5	5.0	2,000	200,000	1.0%
	白云沟1号	32	36	1/11.8	8.0	13,000	200,000	6.5%
	合計					24,000	200,000	12.0%
深沟5	尼拉姑沟3号	30	32	1/10.0	6.0	6,000	33,000	18.2%
石羊沟1	石羊沟1号	39	48	1/14.3	10.0	30,000	132,000	22.7%
	石羊沟2号	38	45	1/11.1	10.0	22,000	132,000	16.7%
	合計					52,000	132,000	39.4%
石羊沟2	得莫沟1号	70	75	1/10.5	1.5	1,000	58,000	1.7%

上記流域整備率を考慮し、施設対策の基本となる計画流出土砂量と土石流ピーク流量を下表の通り算出する。

表 R 6.2.5 東川区市街地流域基準点の計画流出土砂量と土石流ピーク流量

基準点	流域整備率	流路工計画対象流量 (m ³ /s)	計画土砂量 (整備率考慮前)		計画土砂量 (整備率考慮後)	
			流出土砂量 (m ³)	土石流ピーク流量 (m ³ /s)	流出土砂量 (m ³)	土石流ピーク流量 (m ³ /s)
深沟 1	12.0 %	174.2	200,000	394	176,000	347
深沟 2	0.0 %	21.4	63,000	79	63,000	79
深沟 3	0.0 %	9.0	33,000	33	33,000	33
深沟 4	0.0 %	4.5	19,000	16	19,000	16
深沟 5	18.2 %	9.0	33,000	33	27,000	27
石羊沟 1	39.4 %	62.3	132,000	228	80,000	138
石羊沟 2	1.7 %	19.5	58,000	72	57,000	71
石羊沟 3	0.0 %	4.8	20,000	18	20,000	18

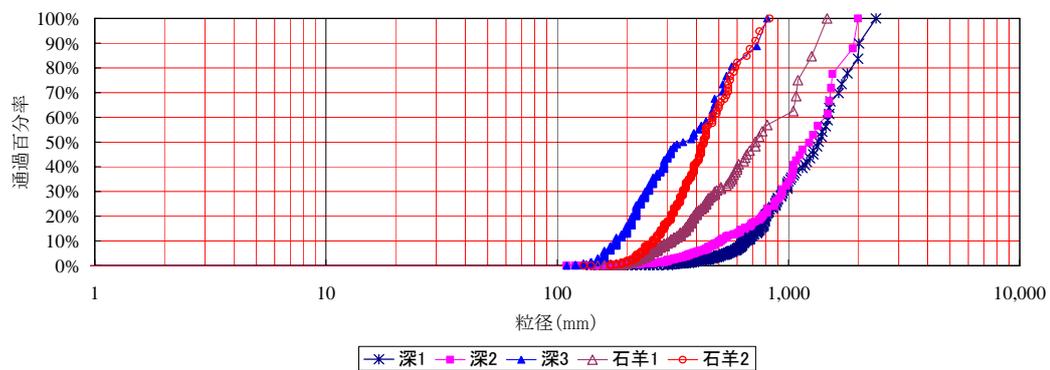
2) 代替案の検討

各施設は、『2.1 土石流対策の基本方針』に記した考え方に基づき配置する。

また、透過型砂防えん堤のスリット幅検討のために実施した検討対象溪流の巨礫調査結果を下記に整理する。この調査は、各溪流の中流部付近 400m 区間において 200 個以上の礫を測定しまとめたものである。

表 R 6.2.6 東川区市街地流域検討対象溪流の巨礫調査結果

小流域	深沟 1	深沟 2	深沟 3	石羊沟 1	石羊沟 2
95%粒径 (cm)	221	196	77	140	75



代替案 1 及び代替案 2 の施設規模及び概算費用を表 4.2.1~4.2.4 に、また、その概要を下表に示す。

表 R 6.2.7 東川区市街地流域土石流対策代替案比較

支川流域	基準点	代替案 1: 砂防えん堤 + 流路工			代替案 2: 導流工 + 流入部床固め		
		えん堤基数	流路工延長 (m)	工事費 (千元)	導流工延長 (m)	床固め基数	工事費 (千元)
深沟	1	3	4,030	12,444	4,030	1	8,919
	2	4	3,390	6,461	3,390	1	4,292
	3	3	1,910	3,510	1,910	1	2,067
	4	2	390	1,837	390	1	577
	5	2	1,040	2,623	1,040	1	1,009
石羊沟	1	4	3,650	9,493	3,650	1	5,067
	2	3	1,150	3,953	1,150	1	1,277
	3	2	1,930	2,154	1,930	1	1,862

深沟の現況流路工は、底幅 10m、深さ 4 m 程度の規模を持っており、市街地内暗渠部分も含め、平均的には流路工対象流量 174m³/s 以上の流下能力を持っている。今回の検討では、現況流路工の縦横断図、破損の程度など詳細なデータが得られていないことから、流路工工事費は、現況流路工全長を修繕改築するものとして算出している。このことは、尼拉姑沟、石羊沟、得莫沟の現況流路工でも同様である。

また、この現況流路工を導流工として利用するためには、現況流路幅 10m を 25m 程度に拡幅する必要がある。拡幅に当たっては、住居密集区域など部分的には家屋移転の必要な箇所が出てくるものと考えられるが、上記工事費には、移転補償費、土地収用費は計上していない。

6.2.3 最適案の選定

経済性などの観点から、上記代替案 1、代替案 2、もしくは対策をしない（ゼロオプション）の中から最適案を選定する。

1) 便益の算定

選定に先立ち、3.2.4 便益算定で述べた方法によって、上記土石流対策が実施された場合の便益を算定した。その結果を下表にまとめる。また図 6.2.1 に土石流氾濫計算結果を、表 6.2.1 に深沟および石羊沟の基準点 1 についての詳細な被害額軽減額算定結果を示す。

表 R 6.2.8 土石流対策便益(市場価格)

流域	基準点	被害軽減額 (千元/年)					農地開発便益			合計 (千元/年)
		家屋家財 公共施設	農作物	人命 損失	間接 被害	合計	面積 (畝)	便益単価 (元/畝/年)	便益 (千元/年)	
深沟	1	1,635	30	628	1,070	3,364	0	-	0	3,364
	2	105	7	166	88	367	0	-	0	367
	3	270	4	53	320	647	0	-	0	647
	4	120	2	13	145	280	0	-	0	280
	5	336	4	39	407	24	0	-	0	24
石羊沟	1	1,518	38	244	1,864	3,664	0	-	0	3,664
	2	125	13	50	143	331	0	-	0	331
	3	149	9	1	193	353	0	-	0	353
合計		4,258	107	1,194	4,230	9,792				9,792

保全対象が市街地であることから、優先小流域に較べて圧倒的に便益が大きい。被害の種類別では、家屋家財公共施設、間接被害で 9 割占め、その他人命損失被害が 1 割程度占めている。土石流氾濫計算における 100 年確率の 0.1m 以上の土石流氾濫を受ける家屋数（事業所なども含む）は下表のようである。

表 R 6.2.9 100 年確率土石流で 0.1m 以上の氾濫を受ける家屋数

深沟					石羊沟			計*
1	2	3	4	5	1	2	3	
1,924	334	724	392	782	3,526	244	367	6,875

*) 重複分を除いた合計。

2) 最適案の選定

各代替案に対する経済評価を下表に示す。経済評価指標として費用便益比(B/C)、純現在価値(NPV=B-C)を、割引率8%、施設の寿命50年として算定した。費用としては表R 6.2.7の工事費を用い、さらに市場価格から経済価格への変換(Conversion Factor)には一律85%を乗じた。

表 R 6.2.10 土石流対策代替案の経済評価

流域	基準点	便益(千円/年)		代替案1(砂防えん堤+流路工)				代替案2(導流工+流入部床固め)			
		市場価格	経済価格	費用(千円/年)		便益費用比率 B/C	現在価値 NPV B-C (千円)	市場価格	経済価格	便益費用比率 B/C	現在価値 NPV B-C (千円)
				市場価格	経済価格						
深沟	1	3,364	2,859	12,444	10,577	3.26	23920	8,919	7,581	4.56	27,026
	2	367	312	6,461	5,492	0.66	-1887	4,292	3,648	1.01	24
	3	647	550	3,510	2,984	2.21	3617	2,067	1,757	3.78	4,888
	4	280	238	1,837	1,561	1.82	1285	577	490	5.88	2,395
	5	786	668	2,623	2,230	3.62	5840	1,009	858	9.47	7,262
石羊沟	1	3,664	3,114	9,493	8,069	4.67	29631	5,067	4,307	8.79	33,531
	2	331	281	3,953	3,360	0.98	-51	1,277	1,085	3.13	2,307
	3	353	300	2,154	1,831	1.96	1763	1,862	1,583	2.28	2,020
合計	計	9,792	8,323	42,475	36,104	2.78	64118	25,070	21,310	4.73	79,454

経済評価の結果を参考にして、以下の理由から8溪流全てについて代替案1(砂防えん堤+流路工)を提案する。

- 当地域は市街地であり、東南部では腊利新区産業パークが造成中であるなど将来に向けてさらなる土地利用の高度化が進むと予測され、土石流の流下を抑制する代替案1(砂防えん堤+流路工)が望ましい。
- 経済評価のケースにおいて、深沟2(老干沟)や石羊沟2(徳莫沟)で、若干B/Cが1を下回るものの当地域を一括で考えればB/Cは3近く、十分に高い。

6.2.4 最適案の施設概略設計

前述の検討より、东川区市街地流域土石流対策としては、対象とした8溪流すべてにおいて、代替案1の『砂防えん堤+流路工』が選定された。施設の概要を下表(詳細は表4.2.6参照)に、概略設計図を図6.2.2~6.2.3に示す。

表 R 6.2.11 深沟基準点の土石流対策最適案の概要

位置		構造物	概略工事費(千円)
基準点1	上流	透過型砂防えん堤2基(有効高12m、12m)	3,743
	基準点付近	不透過型砂防えん堤1基(有効高12m)	2,437
	小江本川まで	流路工(深さ4.0m、幅5.8m)延長4,030m	6,264
基準点2	上流	透過型砂防えん堤3基(有効高12m、12m、11m)	2,840
	基準点付近	不透過型砂防えん堤1基(有効高10m)	833
	基準点1流路工に合流	流路工(深さ1.6m、幅3.9m)延長3,390m	2,788
基準点3	上流	透過型砂防えん堤2基(有効高11m、11m)	1,824
	基準点付近	不透過型砂防えん堤1基(有効高5m)	376
	基準点1流路工に合流	流路工(深さ1.4m、幅2.5m)延長1,910m	1,310
基準点4	上流	透過型砂防えん堤1基(有効高12m)	680
	基準点付近	不透過型砂防えん堤1基(有効高10m)	905
	基準点5流路工に合流	流路工(深さ1.2m、幅1.8m)延長390m	252
基準点5	上流	透過型砂防えん堤2基(有効高12m、12m)	1,860
	基準点付近	(既設えん堤)	-
	基準点3流路工に合流	流路工(深さ1.4m、幅2.1m)延長1,040m	763
合計		砂防えん堤14基、流路工総延長10,760m	26,875

表 R 6.2.12 石羊沟基準点の土石流対策最適案の概要

位置		構造物	概略工事費(千元)	
基準点 1	上流	透過型砂防えん堤 4 基 (有効高 10、12、12、12m)	4,111	合計 9,493
	基準点付近	(既設えん堤)	-	
	小江本川まで	流路工 (深さ 2.0m、幅 5.0m) 延長 3,650 m	5,382	
基準点 2	上流	透過型砂防えん堤 3 基 (有効高 10m、12m、12m)	2,957	合計 3,953
	基準点付近	(既設えん堤)	-	
	基準点 1 流路工に合流	流路工 (深さ 1.4m、幅 4.5m) 延長 1,150 m	996	
基準点 3	上流	透過型砂防えん堤 1 基 (有効高 9m)	546	合計 2,154
	基準点付近	不透過型砂防えん堤 1 基 (有効高 8m)	373	
	基準点 1 流路工に合流	流路工 (深さ 1.2m、幅 1.9m) 延長 1,930 m	1,235	
合計		砂防えん堤 9 基、流路工総延長 6,730m	15,600	

6.3 水系砂防対策の検討

6.3.1 流域の特性および現状の課題

当流域で生物対策（造林および棚畑(田)化）を実施する上で以下の特性・課題がある。

1) 造林を実施する上での特性及び課題

造林を実施する上での特性及び課題を整理すると以下のようである。

- 造林に対する必要性の認識については、ワークショップでの議論でも確認されたが、参加者全員が必要性を認めている(表 2.2.1 参照)。また小組のアンケートでもみて造林に対して住民は 73%ボランティアで参加しており、造林実施そのものについては、住民の理解は十分得られる(図 6.3.1(1)参照)。
- 造林樹種を決める上で、生態林・経済林・薪炭林にどの程度重きを置くべきかという課題をみると、当流域の現状は小組に対するアンケート結果(図 6.3.3(1)参照)に見られるよう生態林が 68%を占めているものの、経済林の割合 28%とも高くなっている。
- さらにワークショップの結果では希望としてほぼ 90%は経済林で、生態林の要望は 10%と非常に低くなっている。(図 6.3.2 参照)
- 造林後の生育状況をみると小組に対するアンケート結果によれば、「順調」・「ほぼ順調」合わせて 75%となっており、まずまず生育はしているようである(図 6.3.1(1)参照)。ただ生育の悪い理由としてはやはり水不足ということで、本来生育状況をより改善するためには、水供給施設の整備が望ましい状況になっている。

2) 棚畑(田)化する上での特性及び課題

棚畑(田)化する上での特性及び課題を整理すると以下のようである。

- 棚畑(田)化について、小組のアンケート結果をみると現状でほとんどの小組で棚畑(田)化を実施している(図 6.3.1(2)参照)。
- ワorkshopを通しての住民から得られた議論でも、ほぼすべての参加者が棚畑(田)化必要と感じており、この事業を実施する上での住民の理解は十分得られる。

- ワークショップでの結果をみると、棚畑（田）化を実施した住民は参加者の73%で、今後棚畑（田）化を予定している住民は67%に上っている。また傾斜農地の50%~100%を棚畑(田)化したいという希望も96%の住民が挙げている。（図6.3.2参照）ただ、この棚畑（田）化の課題としてあげられているのが、資金不足である。住民の希望として、資機材の費用については、政府から資金を供与してもらえば、労働力については住民が対応（場合によって有償）するという意見である。

6.3.2 基本条件の設定

ここでは前節の当流域の特性と課題を受けて、水系砂防対策（生物的対策及び構造物対策）を計画するための基本条件を設定する。

1) 生物的対策

生物的対策では造林もしくは造林+山腹工を行うが、これを計画する上で必要のある基本条件は次のものである。

- 対策対象となる土地面積の設定
- 造林実施条件の設定

a) 造林対象となる土地面積の設定

造林対象となる土地面積は前述の土地利用から得られる傾斜角度45度以内、標高3,000m以下の草地面積と各土地利用の中で判読される崩壊地面積（同じく傾斜角度45度以内、標高3,000m以下）である。先述のように、土地利用面積は5000分の1地形図にもとづいて、また崩壊地面積は2万分の1航空写真に基づいて作成されている（図6.1.2及び図6.1.4参照）。この草地面積及び崩壊地面積は各標高ごとに集計すると下記の表のようになる。

表 R 6.3.1 造林対象面積（単位:1000m²）

地被状況		標高 (m)			合計
		1500 以下	1500-2400	2400-3000	
荒山草地		358 (447)	4,774 (5,968)	3,430 (4,288)	8,562 (10,703)
崩壊地	荒山草地	0.6 (0.8)	40.0 (50.0)	44.2 (55.2)	84.8 (106.0)
	耕地	0.6 (0.7)	5.0 (6.3)	0.2 (0.3)	5.8 (7.3)
	林地	2.8 (3.5)	11.4 (14.2)	5.6 (7.0)	19.8 (24.7)
	小計	4.0	56.4	50.0	110.4

() 内の数字は80%をかける前の土地利用図・地形分類図からの読み取り面積

このうち造林+山腹工を設置するのは崩壊地（荒山草地、耕地、林地）の区域に対してである（図6.3.3参照）。

b) 造林実施条件の設定

造林実施の条件として下記に示すものを設定する。

- 造林の割合設定（生態林、経済林、薪炭林）

- 造林樹種の設定
- その他造林に必要なインフラ設定（管理道路、保護員小屋など）

i) 造林の割合設定

前述の当流域の特性で述べたように、当流域では薪炭林の必要性が非常に高くまた経済林の要望も高くなっているが、荒地・草地の各種造林条件からこれらの要望を取り入れることは難しく、第 3 章で述べた方針に従い生態林・経済林・薪炭林の植樹面積割合を 80 : 8 : 12 とする。

ii) 造林樹種の設定

造林樹種は一般に標高ごとの適正樹種として表 3.3.1 に示すものが適用されている。各造林対象地での条件から最適なものとして表 6.3.1 に示す樹種を選定した。

iii) その他造林に必要なインフラ設定（管理道路、保護員小屋の設置）

その他造林に必要な種々のインフラのうち特に重要な、管理道路、保護員小屋などを整備する。

2) 構造物対策

構造物対策で基本条件設定が必要な項目は次の 2 つである：

- ガリー侵食地の延長及び谷止め工の設置間隔及び設置個数
- 棚畑(田)化面積の設定

a) ガリー侵食地の延長及び谷止め工の設置間隔及び設置個数

i) ガリー侵食地の延長

先の基本方針で述べたように、ガリー侵食地の延長は 20,000 分の 1 地形図判読によるガリー侵食地を含む 0 次谷の延長からその 50% とし、さらにその半分の延長に谷止め工を設置する。

当流域のガリー侵食地を含む 0 次谷の延長は図 6.3.3 に示すように 156km になっている。このことからガリー侵食地は $156\text{km} \times 0.5 \times 0.5 = 39\text{km}$ となる。

ii) 谷止め工の設置間隔及び設置個数

谷止め工の設置間隔は豆腐溝で述べたと同様の考え方から 37m に 1 基必要とし、先のガリー侵食地の延長距離をこの間隔で除すると、その設置個数は 1,054 基となる。

b) 棚畑（田）化面積の設定

棚畑(田)化の面積は同じく土地利用図から求められる農地面積、傾斜区分図による 15 度～25 度の範囲にある傾斜農地、さらにその傾斜農地に対して地形判読による既に棚畑（田）化された面積を除いて求められる。図 6.3.5 に最終

的に得られた傾斜農地の区域を示す。この面積の総計は 1.54km² になっている（表 R6.1.3 参照）。

6.3.3 計画策定

前述の基本条件を基に生物的対策と構造物対策から構成される当流域の水系砂防対策の計画策定を行う。

1) 生物的対策

a) 荒地草地に対する造林

i) 計画諸元

荒地草地に対する造林について、5,000 分の 1 地形図を用いて図 6.3.4 に示す各小区域に分割し、それぞれについて生態林・経済林・薪炭林の割合及び地域特性を考慮しながら前述のように造林樹種を決め、各樹種の植樹面積を求めた。表 6.3.1 に造林樹種面積を示す。

造林に必要な道路整備延長、保護員小屋面積は下表に示す通りである。

表 R 6.3.2 付帯施設数量

項目	細目	数量	適用
道路	防火帯	12km	
	巡視保護用	12km	
	歩行者用	58km	
保護員小屋 (22名)		440m ²	20m ² /人

ii) 工事費算定

上述の各樹種ごとの植樹面積に対して、植樹単価を乗じて植樹の工事費を算定、その他、道路整備延長、保護員小屋面積などの付帯事業も合わせて表 6.3.2 及び 6.3.3 に示す。

iii) 便益算定

荒山草地の造林に対する便益は以下の項目である。

- 流出土砂の抑制効果
- 造林による温暖化ガス吸収効果及び保水効果
- 経済林植樹による生産効果

これらの効果をまとめて表 6.3.4 に示す。

b) 崩壊地に対する造林+山腹工

i) 計画諸元

崩壊地に対する造林及び山腹工の対象面積は表 R 6.3.1 に示すとおりである。この崩壊地に対する造林は基本的に生態林を植樹する。植樹樹種

は荒山草地と同様、その標高で比較的乾燥に強い樹種を選定する。表 6.3.5 に各樹種の植樹面積を示す。

ii) 工事費の算定

工事費は造林費用及び山腹工の設置費用である。上記面積に各樹種ごとの造林単価及び面積当たりの山腹工単価を乗じて工事費を算定する。下表にその結果を示す。(表 6.3.5 参照)

表 R 6.3.3 崩壊地の造林+山腹工工事費

崩壊地地目	事業費 (元)	適用
林地	192,957	
耕地	56,544	
草地・半荒れ草地	827,505	
合計	1,077,006	

iii) 便益算定

崩壊地に対する造林+山腹工の便益は、前項荒山草地に対する便益とほぼ同様であるが、経済林は植樹しないので、これを除いた以下のものである。

- 流出土砂の抑制効果
- 造林による温暖化ガス吸収効果及び保水効果

表 6.3.6 に便益計算の取りまとめ結果を示す。

2) 構造物対策

a) ガリー侵食地に対する谷止め工設置

i) 計画諸元

ガリー侵食地に対する谷止め工の数量は前述のように全体で 1,054 基となっている(6.3.2. 2) a) 参照)。

ii) 工事費の積算

工事費は、谷止め工の総基数に 1 基当たり単価を乗じて求める。下表に工事費を示す。

表 R 6.3.4 ガリー侵食対策工事費

谷止め基数	単価	工事費 (千元)	適用
1,054	3,640 元/基	3,836	

iii) 便益算定

ガリー侵食地に対する谷止め工設定の便益としては、基本的にガリー侵食による土砂生産量の抑制である。この抑制量及び便益は下表に示す通りである。

表 R 6.3.5 ガリ－侵食対策効果及び便益

効果項目	効果量	便益原単位 (千元)	便益額 (千元)
表面侵食抑制効果	$39\text{km} \times 400\text{m}^3/\text{km} = 15,600\text{m}^3$	9 元/ m^3 /年	140.4

b) 傾斜農地の棚畑 (田) 化

i) 計画諸元

棚畑 (田) 化する傾斜農地の面積は図 6.3.5 に示す図に基づいて求めた。集計の結果は表 R6.1.4 に示した通り総計 1.54km^2 である。

ii) 工事費の積算

棚畑 (田) 化に要する工事費は石積み工+土の切り盛り費用である。この単価は前に述べたように 2.3 元/ m^2 (1,534 元/畝) で、これに棚畑(田)化面積を乗じて工事費を求める。下表に工事費を示す。

表 R 6.3.6 棚畑(田)化工事費

棚畑化面積(km^2)	単価 (千元/ km^2)	工事費 (千元)	適用
1.54	2,300	3,542	

iii) 便益の算定

傾斜農地の棚畑 (田) 化の便益は生産土砂の抑制効果と農地改良効果である。このうち生産土砂の抑制効果は m^3 当たりの抑制量で表される。また農地改良効果については前に述べた如く (3.3.2, 2), b)) $150 \text{ 千元}/\text{km}^2$ (100 元/畝) を適用する。下表に便益算定結果を示す。

表 R 6.3.7 棚畑(田)化による便益

便益項目	効果量	便益原単位	便益 (千元)
生産土砂抑制量	$1.54\text{km}^2 \times 4,000\text{m}^3/\text{km}^2 = 6,160\text{m}^3$	9 元/ m^3	55.4
農地改良効果	1.54km^2	150 (千元/ km^2)	231.0

3) 計画数量・工事費・便益とりまとめ

前述の生物的対策、構造物対策の計画数量、工事費、便益をとりまとめて表 6.3.7、表 6.3.8 に示す。この結果、東川市街地流域の水系砂防対策に対する総工事費は 16,576 千元、年間維持管理費は 82.9 千元/年、総便益は 2,273 千元/年となる。

6.4 非施設対策

3.4 非施設対策での基本方針に沿って、本流域のハザードマップの活用、群測群防強化について具体化する。

6.4.1 本流域の災害特性と非施設対策

本流域では、扇状地市街地での土石流災害、および山間部での地すべり、急傾斜地崩壊が問題となっている。これらの対策として、上記のように土石流対策および水系砂防対策の施設対策が施されることになるが、土砂災害現象の複雑さなどを考慮すると施設対策だけでは不十分であり、ハザードマップの活用、群測群防の強化、さらに第8章で述べる予警報システムの整備が欠かせない。

そこで各対策の特性を考慮し、効率的かつ総合的な防災対策となるように、対象とする災害、保全対象を下表のように設定する。

表 R 6.4.1 非施設対策と対象とする災害

非施設対策	主に対象とする災害	主な保全対象
ハザードマップの活用	土石流、地すべり、急傾斜地、洪水	全地域
群測群防の強化	地すべり、急傾斜地崩壊	山間部集落
予警報システム	土石流、洪水	扇状地都市街地

すなわち、群測群防は山間部の集落で問題となる地すべり、急傾斜地崩壊を対象とする。扇状地部の市街地は土石流の脅威の下にあるが、これに対しては8章で述べる予警報システムによって対応する。さらに群測群防や予警報システムに基づいた避難活動などに役立てるためにハザードマップを活用する。

6.4.2 ハザードマップの活用

ハザードマップは広域ハザードマップと地区防災マップの2種類を作成する。

広域ハザードマップは東川市街地流域全域について、小江工程管理局が作成する。当面は調査団が作成した図6.1.5を採用するものとするが、その後の災害実績、土地利用の変化などを参考に5年毎に見直しを行う。

地区防災マップはワークショップを通じて、住民が作成する。この地区防災マップには危険箇所他に避難地、避難経路を記入する。作成対象地区は次節で述べる23箇所の群測群防強化候補地区のほか、扇状地部の計7の社区（新街、橋北、碧云、団結、沙坝、桂苑、白云）および計8の村（糯谷田、起夏、深沟、尼拉姑、腊利、集义、炎山、石羊）である。作成後は関連行政機関のほかに、社区、村の地区防災マップは各小组長へコピーを配布し、住民が簡単に閲覧できるようにする。

6.4.3 群測群防の強化

群測群防強化は山間部の地すべり、急傾斜地崩壊を主な対象とする。図6.1.5の広域ハザードマップを参考に、強化対象候補地区として表6.4.1に示すの23地区を選定した。このときの選定基準は10軒以上の家屋が、地すべり警戒地域もしくは急傾斜地崩壊警戒地域に入っている集落である。

これらの23候補地区のどの地区を実際の強化地区とするかについては、現場での地区防災マップの作成、現地踏査などを通じて決定する。

第7章 桃家小河流域土砂災害対策および自然環境修復プロジェクト

7.1 桃家小河流域の現状

桃家小河流域（図 7.1.1）は上流側（流域面積の 75%）を曲靖市会泽県、下流側（流域面積の 25%）を昆明市東川区が占め、行政的に 2 つの県区に跨る流域である。豆腐沟流域について比生産土砂量が大きく、流域の荒廃が進んでいる。集落は流域内に点在しており、人口密度は 4 優先流域中最も小さい。

7.1.1 社会経済

村民委員会へのアンケート調査結果（2.1 小組に関するアンケート調査を参照）を基に桃家小河流域の社会経済に関して概説する。

1) 人口・民族

桃家小河流域（71.0km²）は会泽県と東川区の跨る流域である。中上流部（53.3km²）は会泽県驾车郷に属し、下流部（17.7km²）は東川区阿旺鎮（旧阿旺郷）に属する。

桃家小河流域の人口は約 7,000 人で人口密度は 4 優先小流域の中で最も少ない 98 人/km²である。住民の 5.7%（約 400 人）は少数民族であり、彝族が最も多く 4.6%（約 320 人）を占め、一部の特定の集落に集中して住んでいる傾向がある。そのほか布依族、回族もいる。

流域全体は急峻な山地であり、その尾根上に集落が点在している。農業に適した平地は桃家小河の河岸を除き、ほとんど見られない。

2) 生計手段

住民の主な生計手段は農牧業であるが、出稼ぎや日雇いも大きな収入源となっている。1 世帯当りの農地面積は 3.3 畝であり、この地域の主な農作物は、ジャガイモ、とうもろこし、麦、サツマイモ、野菜、水稻、蕎麦等となっている。牧畜業として豚 5,600 頭、山羊 5,300 頭、牛 2,400 頭等が飼育されている。アンケートによる世帯あたりの平均年収は 3,300 元である。

3) 社会資本整備

急峻な地形を反映して、車道の整備率は低く、51%の小组には車道は通っていない。またこの地域のほとんどの道路は未舗装であり、雨季には通行が困難となることも度々である。このように流域内部での交通は不便であるが、東側流域界から東側のカルスト台地には昆明高速道路の入り口も整備されており、昆明、曲靖へ交通が便利である。さらに下流端の小江合流点には巧山—新村道路や開通間近の龙潭—東川道路があり、ここからは東川、昆明方面への交通に便利である。

電気はほぼ全小组に供給されているが、水道施設の普及率は 70%に過ぎない。小学校や医療施設へのアクセスに費やす時間はそれぞれ平均で 52 分、63 分となっている。中には小学校や医療施設へのアクセスに要する時間が 2 時間を越える小组もある。

4) エネルギー

この地域でも煮炊きや暖房用に使用するエネルギーとしては基本的に薪が主となっている。薪は煮炊きエネルギーの 100%、暖房エネルギーの 91%をも占める。バイオガスの普及は煮炊き用エネルギーの 12%、暖房用エネルギーの 9%を占めているに過ぎない。

7.1.2 地形・地質・土壌

1) 地形

桃家小河は、標高 2,600～3,300mの大部分がカルスト台地としての性格を持つ侵食小起伏面を水源とし、概ね 15km 南西に向かって流下し、標高 1,400mで大白河に合流する流域面積約 71km²の河川である。図 7.1.2 に地形分類図を示す。

本川上流部と下流部には幅の広い谷底堆積地が形成されるが、本川中流部の地形はきわめて急峻(1/8～1/15)で、白雲岩の壁岩や岩峰が屹立し、本川は狭窄部となっている。左右岸の支川はいずれも急勾配でV字谷状を呈するが、下流～中流右岸の地すべり地帯では谷の発達が悪い。小江合流点から約 4km 上流の砂防えん堤より下流では勾配は 1/26 程度で幅 100～300m の谷底平野になっている。川原のかなりの部分で築堤され、農地として利用されているが、度重なる土石流のため河床が上昇して堤防が倒壊し、土砂が堆積して放置された農地もある。

流域東縁の支川流域と中流部の白雲岩が岩峰を形成する急峻な一部の地域を除いて、流域全体に大きな地すべり地形が分布する。地すべり地形は大きく 3つのグループに区分される。本川や支川の河床付近に滑り面をもつ地すべり、標高 2,000m～2,500m 付近に分布する古い時代の岩盤地すべり、岩盤地すべりブロック背後斜面の地すべりと大規模崩落土塊である。古い岩盤地すべりは現在安定しているものが多く地すべりブロック内緩斜面は耕地や集落として利用されている。この地すべり地形は山腹緩斜面や高位段丘面との区別が困難なところがある。

本川上流部左岸の新田集落周辺にも活動的な地すべりが多数見られるとともに岩盤地すべり前面に大規模崩壊地が存在する。多量の土砂が活動的な地すべりや崩壊地から本川に供給されているため、本川上流には幅の広い河床が形成されている。

本川最下流から中流部まで連続する右岸河床沿いの地すべり地形は活動的なものが多く、新鮮な亀裂や段差があったり、地すべり末端(溪岸部)に崩壊地が多発している。また滑落崖が大規模に崩壊しているところも随所にある。上流部左岸、中流部右岸、下流部右岸に崩壊の多発している区域が見られ、その中には規模の大きな崩壊も存在し、多量の土砂を生産している。

2) 地質

主として震旦系及び古生界の堆積岩類が分布する。震旦系の岩類は砂岩、頁岩、泥礫岩、白雲岩より成る。一方、古生層は砂岩、粉砂岩、泥岩、白雲岩、石灰岩、泥質石灰岩、泥質白雲岩などで構成される。桃家小河本川沿いに古い震旦系の岩石が分布し、標高が高くなるに従いより上位の地層に移行する。

分水界付近に分布する二畳系の堆積岩類は泥質石灰岩と泥質白雲岩や砂岩、粉砂岩、泥岩より成るため、分水界の一部はカルスト台地になっている。中～上流域には石灰岩や白雲岩の一部が弱変成を受けて抗侵食力の強い部分があり、急崖や岩峰の屹立する急峻な地形が形成される。

流域最下流を大白河断層が南北に通過するとともに、流域内にはいくつかの断層が見られる。そのため岩盤は構造的な影響を受け破碎が進んでいる。特に小江断層に近い部分では破碎が著しい。また巨大な地すべりブロック内でも岩石は著しい破碎を受けている。

3) 土壌

土壌については、当流域について独自で調査された文献はなく、东川区地誌及び本調査の基本計画作成段階で現地採取された土壌に対する分析結果しかない。

現地調査で採取した土壌分析結果（下表参照）で見ると、当流域の土壌は紅壤が多くみられが特性としては腐植土を呈している。

図 7.1.3 に標高と栄養分の関係を示すが、中国土壌全国第二次土壌調査栄養分標準分級で比較的栄養分は良好とされる分級 III 以上と当流域の栄養分の関係で見ると、他の流域に比べ有機質分布、可給態窒素、可給態カリについてはまずまず良好とされ、比較的栄養分には富んでいる。ただ、可給態リンについては他の流域同様分級 III をかなり下回っている。

表 R 7.1.1 土壌分析結果

観測点番号	標高 (m)	土類	土壌厚 (cm)	採取深度 (cm)	特性	植被
1	1,410	褐紅壤	-	-	-	綿花、石榴、苜蓿
2	1,780	黄紅壤	17	-	腐食土	有蕨、野草
3	2,100	紅壤	40	-	砂石土	苦刺
4	2,340	紅壤	100	10	腐食土	草
5	2,670	黄紅壤	100	7	腐食土	雲南松

7.1.3 気象・水文

桃家小河流域の標高は約 1600m から 3000m の範囲にあり、平均標高は 2500m である。この標高の範囲に位置する流域は、垂直性気候区分によると温暖帯半湿潤山地区、寒温帯湿潤山地区の気候区分に属する。これらの気候区分地区の気候特性から、桃家小河流域における年間降水量、年間蒸発量、年平均気温は、それぞれ 830mm～1200mm、約 900mm～約 1000mm、摂氏 7℃ から 13℃ であると推定される。

他流域と同様に流況については既存の観測記録がないため詳細は不明であるが、インタビュー調査や現場踏査の結果より乾季においても少量ながら継続的に地表面流は現れるようである。

7.1.4 土地利用

桃家小河流域の各種土地利用面積は、今回作成した 5,000 分の 1 地形図を基に作成した土地利用図 (GIS データ化) から集計を行った。当流域の土地利用状況は下記の表に示す通りである。(図 7.1.4 参照)

表 R 7.1.2 土地利用面積割合

土地利用項目		面積 (Km ²)	面積割合 (%)	適用
耕地	水田	0.36	0.51	
	畑地	14.98	21.11	
	その他	0	0.00	野菜地等
	合計	15.34	21.62	
林地	森林	6.21	8.75	
	経済林	0	0.00	
	灌木林	4.6	6.47	
	疎林	0.01	0.01	
	幼林	16.88	23.79	
	その他	0	0.00	苗畑、竹林等
	合計	27.69	39.03	
荒地・草地	草地	22.44	31.63	
	半荒草地	3.39	4.78	
	合計	25.83	36.41	
集落		0.4	0.56	
その他		1.69	2.38	水域、未利用地
合計		70.95	100.00	

この当流域の土地利用の特徴として次のことがいえる。

- 全体でみた林地・耕地・草地の割合で見ると、それぞれ 39%、22%、36%である。
- 東川区林業局データによると、森林被覆率は東川区全体で2001年時点、31.9%を示しているが、当流域はこれよりもかなり大きな数字となっている。このことこの数字を見る限りかなり造林が行われ、自然環境修復が進められているのが分かる。
- 一方で、草地荒地の面積もかなり残っており、造林すべき面積も多い。
- 林地の内容をみると、森林が9%であるのに対し、幼林の割合が24%と非常に高く他の流域に比べまだ十分森林が生育していない状況となっている。
- 経済林はこの結果では表に現れておらず他の項目の中に埋没している。
- 耕地について傾斜角度で分類した面積を下の表に示す。この表で見ると他の流域に比べやや数字は低いながら、ほぼ50%近くの耕地で棚畑(田)化が進められている。また、今回棚畑(田)化対象となるのは傾斜角度15度~25度の範囲にある3.18km²である。

表 R 7.1.3 棚畑(田)化対象面積

傾斜角度	面積 (km ²)	割合 (%)	適用
15度以下の耕地	7.23	47.16	畑・水田・ 野菜地の合 計
15度~25度	3.18	20.73	
25度以上	4.92	32.08	
合計	15.34	100	

- この土地利用に関して、標高別・傾斜角度45度以上の面積割合をみると、次の表に示すように、当流域では3,000m以上の土地は比較的多く、12%を占めており、また、45度以上の面積はほぼ全体で15%程度を占めている。

表 R 7.1.4 標高別傾斜角度別土地利用面積割合(単位:km²)

地目	標高0-1500m		1500-2400m		2400-3000m		3000m以上		合計	
	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度
林地	0.20	0.04	7.96	2.35	13.71	2.96	0.27	0.18	22.14	5.53
耕地	0.48	0.02	6.35	0.29	7.79	0.33	0.02	0.00	14.64	0.64
草地・半荒れ草地	0.11	0.03	8.84	3.56	4.77	0.71	7.46	0.32	21.19	4.62
その他	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合計	0.79	0.09	23.15	6.20	26.27	4.00	7.75	0.50	57.97	10.79

- また、地形分類図(図 7.1.2 参照)による各土地利用分類の中の崩壊地面積を標高別、傾斜別に取り出すと以下の表に示すように、3,000m以下傾斜角度45度以内の崩壊地では合計で1.28km²の面積の存在が判読された。

表 R 7.1.5 崩壊地面積(単位:1,000m²)

崩壊地地目	1500m以下		1500-2400m		2400-3000m		3000m以上		合計	
	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度	≤45度	>45度
林地	6.4	4.6	231.6	126.2	172.1	60.5	20.1	6.9	430.1	198.3
耕地	0.0	0.0	24.4	5.8	22.1	3.4	0.0	0.0	46.5	9.2
荒地・半荒れ草地	12.0	7.5	572.4	370.2	244.1	94.3	30.6	13.0	859.2	485.0
計	18.4	12.1	828.4	502.2	438.3	158.2	50.7	20.0	1,335.8	692.5

- この他、同じく地形分類によるガリーを含む0次谷の存在についてはGISデータを基に、ガリーを含む0次谷延長距離180kmが確認された。

7.1.5 災害状況

1) 被災記録

桃家小河流域についても大規模な土砂災害に関する記録は残っていない。しかし村民委員会に対するアンケート結果(表 R.2.1.3)によれば、過去30年間において、19小組で地すべり、16小組で土石流、11小組で洪水被害、5小組でがけ崩れが発生したようである。被害は農地に対するものがほとんどであり、死者は出ていない。

長年の土石流などによる土砂流出により桃家小河本川の河道は年々上昇しており、天井川化が著しく河岸の農地の洪水・土石流被害の他、下流端の巧山-新村道路橋梁や団結渠の取水堰などの重要構造物は土石流による埋没、破壊の脅威にさらされている。

2) 災害の危険性

図 7.1.5 に本調査において作成した桃家小河流域広域ハザードマップを示すが、山間部のほとんどの集落は地すべりブロック上または急傾斜地上に乗っている状態にある。地すべり警戒地域に入る家屋数は2,255軒、また急傾斜地崩壊警戒地域に入る家屋数は439軒と数えられる。一方、桃家小河本川も土石流溪流であり、広域ハザードマップには100年確率土石流の氾濫域が示されているが、これによると、最下流部の河川敷内の数軒の家屋が入っている。

次表にハザードマップから推定した危険区域内の家屋数を示す。また地質災害予防の重点地域として以下の11箇所が会澤県国土資源局から指定されている。

表 R 7.1.6 土砂災害警戒地区内の家屋数と国土資源局による
地質災害予防重点地域

災害の種類	ハザードマップから推定した警戒地域内の家屋数	国土資源局による地質災害予防の重点地域
土石流	7 <注	① 会泽県发科大沟 ② 阿旺鎮大石头村大坪子
地すべり	1,455	① 驾车郷驾车村小麦地 ② 驾车郷白泥村龙潭 ③ 驾车郷迳石村水节 ④ 驾车郷迳石村大地梁子 ⑤ 驾车郷迳石村白布嘎 ⑥ 驾车郷迳石村新田 ⑦ 驾车郷屋基村旧屋基
急傾斜地崩壊	451	① 驾车郷迳石村发科 ② 驾车郷迳石村龙闸
合計	1,497	

<注：100年確率土石流で氾濫水深10cm以上を土石流警戒地域とする。
下流部河川敷内の家屋7軒が上記土石流警戒地域内に入っている。

3) 災害対策

桃家小河流域の土石流対策として、2002年に大白河合流点から約5km上流地点に、有効堤高16m、堤長79mの砂防えん堤が建設された。この大規模砂防ダムは建設後まだ日は浅いが、既に満砂状態にある。また河岸の農地を洪水や土石流から守るために石積み堤防が作られているが、一部は洪水や土石流によって破壊されたまま放置されている。

村民委員会に対するアンケート調査結果によれば、過去10年間に約3,900畝の造林、8,100畝の封山育林、2,100畝の退耕還林が行われている。しかし、流域の規模から見れば、構造物対策とともに絶対量が圧倒的に不足している。

以上のような状況の下、人的災害を避けるための現実的な対応として、他の優先小流域同様に移転事業が行われている。驾车郷での防災ワークショップの結果によると少なくとも16世帯が同一小組内で移転している。また同ワークショップ全参加者(25名)が安全な場所への移転を希望していた。

7.1.6 自然環境

1) 植物相

桃家小河流域の自然植生類型は、常緑広葉林、稀樹灌木草群、灌木群など三つの植生類型と、半湿潤常緑広葉林、乾熱性稀樹灌木草群、乾熱灌木群など三つの植生亜類型に分けられる。

桃家小河流域は、乾熱性稀樹灌木草群と乾熱灌木群などの次生植生が主要自然植生であり、その他の自然植生は標高の高い急斜面に分布する半湿潤常緑広葉林もある。ギンネム人工幼林と畑など人工植生が比較的少ない特徴がある。乾熱性稀樹灌木草群植生亜類型中のイネ科のアカヒゲガヤを含む中草草群は流域の中低標高区域に分布する。本区域より標高の高い地域には、シラトゲ灌木群とキンゴウカン・ウヤクの木・ヤマヨシモドキ灌木群が主要植生となっている。標高が高い区域で、急勾配山腹斜面と山頂は半湿潤常緑広葉林植生類型に属する雲南ナラカシワとシリブ

カガシ林群系も少量残っている。人工植生中のギンネム人工幼林は河川両側の斜面と谷沿いに分布し、帯状で乾熱稀樹灌木草群と乾熱灌木群の中に散在している。畑は集落付近の斜面に分布している。

本流域の東南側の烏蒙山脈西部の標高 2,400～3,400m には驾车峯山松自然保護区(省級。1984 年認定)があるが、桃家小河流域には入っていない。

2) 動物相

桃家小河流域においても他の優先小流域同様に、地域特有の動物の生息は、文献調査においても、現地踏査においても確認されなかった。他の優先小流域にも分布しているとみられる 116 種内外の陸棲脊椎動物が本流域にも分布していると推定される。

また当流域には湖、沼、湿地、大規模なダム貯水池がなく、国家一級保護動物であるオグロヅルに適した環境はなく、またその生息も確認されていない。

一方、雲南省を含む中国南西部全域に生息しているとされる云南トゲガエル(*Paa yunnanensis*)は、豆腐沟の自然環境に関わる記載でも言及したが、IUCN の Red List に記載されている両棲類である。しかし今回の現地踏査では、その生息は確認されなかった。また他の流域と同様に土石流の発生頻度が高いことから、両棲類の生息環境としては、好ましい環境ではないと考えられる。

3) 魚類

現場調査、国内の文献調査及び聞き込み調査を実施したが、他の流域と同様に、特殊な魚類は確認されなかった。

本地域も全体的に農業開発程度が高く、人類活動が頻繁で、経済活動が比較的強く、更に水土流失が深刻で、土石流が頻繁に発生するため、流域環境の変化は激しく、魚類の在来種は種類と数量とも極めて少ない傾向にある。

7.2 土石流対策の検討

7.2.1 現状の課題と計画基準点の設定

桃家小河の大白河合流点付近における土石流災害保全対象となるのは、昆明と东川区を結ぶ重要構造物である巧山―新村道路橋梁、団結渠の取水堰、合流点付近左岸側の 7 件程度の家屋、幅の広い河床を利用し石積み堤防により囲われた既存農地等である。また、流路工や導流工により流路を固定することにより流路両岸で 300 畝程度の農地が開発可能となる。

桃家小河本川の土石流対策として、东川泥石流研究所の設計による砂防えん堤が、大白河合流点から約 4.5km 上流地点に建設された。この砂防えん堤の概要を下表に整理する。

表 R 7.2.1 桃家小河流域において最近建設された砂防えん堤概要

溪流名	施設名	完成年	形式	材料	堤高 m	有効高 m	堤長 m
桃家小河	主えん堤	2002/4	重力式	練石積み	20.0	16.0	79.1

この砂防えん堤は、完成から 3 年程度であるがすでに満砂状態であり、土石流捕捉の効果は小さくなっている。このえん堤の現況の効果を検討した土石流災害に対する整備率

は 20%程度であり（表 R 7.2.3 参照）、重要施設等の保全には追加の構造物対策が必要である。

以上の現状を踏まえ、桃家小河流域の土石流対策基準点及び計画規模を下表のとおりとする（基本計画時に設定した基準点と同じ）。

表 R 7.2.2 桃家小河流域の土石流対策計画基準点と計画規模

支川流域	流域番号	基準点	溪流名称	流域面積 (km ²)	計画規模 (確率年)		適用
					土石流	洪水	
桃家小河	DY-12	1	桃家小河	70.95	20	5	
		1-1	桃家小河	65.06	20	5	既設えん堤 1 基

7.2.2 代替案の検討

1) 計画流出土砂量と土石流ピーク流量

計画基準点における整備率は、既設砂防えん堤による土砂捕捉量を計算し下表の通りとなる。

表 R 7.2.3 桃家小河流域既設砂防えん堤の土砂捕捉量と整備率

基準点	えん堤	川幅 (m)	堆砂幅 (m)	河床勾配	有効高 (m)	土砂捕捉量 (m ³)	計画流出土砂量 (m ³)	流域整備率
1-1	桃家小河 1 号	47	73	1/14.0	16.0	99,000	422,000	23.5 %
1	桃家小河 1 号	47	73	1/14.0	16.0	99,000	460,000	21.5 %

上記流域整備率を考慮し、施設対策の基本となる計画流出土砂量と土石流ピーク流量を下表の通り算出する。

表 R 7.2.4 桃家小河流域基準点の計画流出土砂量と土石流ピーク流量

基準点	流域整備率	流路工計画対象流量 (m ³ /s)	計画土砂量 (整備率考慮前)		計画土砂量 (整備率考慮後)	
			流出土砂量 (m ³)	土石流ピーク流量 (m ³ /s)	流出土砂量 (m ³)	土石流ピーク流量 (m ³ /s)
1	23.5 %	300.7	422,000	673	323,000	515
1	21.5 %	322.7	460,000	717	361,000	563

2) 代替案の検討

各施設は、『2.1 土石流対策の基本方針』に記した考え方に基づき配置する。

代替案 1 及び代替案 2 の施設規模及び概算費用を表 4.2.1~4.2.4 に、また、その概要を下表に示す。

表 R 7.2.5 桃家小河流域土石流対策代替案比較

支川流域	基準点	代替案 1: 砂防えん堤+流路工			代替案 2: 導流工+流入部床固め		
		えん堤 基数	流路工 延長 (m)	工事費 (千元)	導流工 延長 (m)	床固め 基数	工事費 (千元)
桃家小河	1	3	3,290	13,661	3,290	1	9,776

7.2.3 最適案の選定

経済性などの観点から上記代替案 1、代替案 2、もしくは対策をしない（ゼロオプション）の中から最適案を選定する。

1) 便益の算定

選定に先立ち、3.2.4 便益算定で述べた方法によって、上記土石流対策が実施された場合の便益を算定した。その結果を下表にまとめる。また図 7.2.1 に土石流氾濫計算結果を、表 7.2.1 に詳細な被害額軽減額算定結果を示す。

表 R 7.2.6 土石流対策便益(市場価格)

流域	基準点	被害軽減額 (千元/年)					農地開発便益			合計 (千元/年)
		家屋家財 公共施設	農作 物	人命 損失	間接 被害	合計	面積 (畝)	便益単価 (元/畝/年)	便益 (千元/年)	
桃家 小河	1	381	83	34	93	591	300	1,300	390	981

豆腐沟と同様に公共施設（道路橋、団結渠取水堰）の被害軽減と農地開発便益が大きく、8割程度を占めている。

2) 最適案の選定

各代替案に対する経済評価を下表に示す。経済評価指標として費用便益比(B/C)、純現在価値(NPV=B-C)を、割引率8%、施設の寿命50年として算定した。また費用としては表R 7.2.5の工事費に農地整備費用(1,500元/畝、現地聞き込み結果)を加えている。さらに市場価格から経済価格への変換(Conversion Factor)には一律85%を乗じた。

表 R 7.2.7 土石流対策代替案の経済評価

流域	基準点	便益 (千元/年)		代替案 1 (砂防えん堤+流路工)				代替案 2 (導流工+流入部床固め)			
		市場価格	経済価格	費用 (千元/年)		便益費用 比率 B/C	現在価値 NPV B-C (千元)	費用 (千元/年)		便益費用 比率 B/C	現在価値 NPV B-C (千元)
				市場価格	経済価格			市場価格	経済価格		
桃家小河	1	981	834	14,111	11,994	0.81	-2260	10,226	8,692	1.13	1,163

経済評価は代替案 1 は B/C は 0.8 で 1 を下回るが、代替案 2 のそれは 1.1 で 1 を上回る結果となっている。保全対象とすべき家屋はほとんど無いため、経済性に優れた代替案 2（導流工+流入部床固め）を最適案として提案する。

7.2.4 最適案の施設概略設計

前述の検討より、桃家小河流域土石流対策としては代替案2の『導流工＋流入部床固め』が選定された。施設の概要を下表（詳細は表4.2.6参照）に、概略設計図を図7.2.2～7.2.3に示す。

表 R 7.2.8 桃家小河基準点1の土石流対策最適案の概要

位置	構造物	概略工事費 (千元)
補助基準点1-1	流入部床固め工（有効高5m）1基	1,172
基準点1-1から基準点1まで	導流工（深さ4.5m、幅41m）延長3,040m	7,950
基準点1から小江合流点まで	導流工（深さ4.5m、幅41m）延長250m	654
合計	流入部床固め工1基、導流工総延長3,290m	9,776

7.3 水系砂防対策の検討

7.3.1 流域の特性および現状の課題

当流域で生物対策（造林および棚畑(田)化）を実施する上で以下の特性・課題がある。

1) 造林を実施する上での特性及び課題

造林を実施する上での特性及び課題を整理すると以下のようである。

- 造林に対する必要性の認識については、ワークショップでの議論でも確認されたが、参加者全員が必要性を認めている（表2.2.1参照）。また小組のアンケートでもみて造林に対して住民は78%がボランティアで参加しており、造林実施そのものについては、住民の理解は十分得られる（図7.3.1(1)参照）。
- 造林樹種を決める上で、生態林・経済林・薪炭林の割合はどうかという課題をみると、現状では小組のアンケート結果にあるように圧倒的に生態林の割合が88%と多くを占めている。（図7.3.1(1)参照）
- 一方、ワークショップでの希望をみると経済林が25%と割合高くなっており、薪炭林についても13%、生態林は62%となっている。（図7.3.2参照）
- 造林後の生育状況をみると小組に対するアンケート結果によれば、当流域の生育状況は「順調」が80%で他の流域と比較して非常に高く、非常に悪いは17%と造林がうまくいっている状況があげられる。（図7.3.1(1)参照）
- この17%の中で、生育の悪い理由としてはやはり水不足が大きな原因となっている。（図7.3.1(1)参照）
- その他の課題として小組のアンケートで指摘されているのは、樹種の選定、気温、土壌、斜面傾斜角度等があり、さらに生育度を上げるためには、これらについては基本的にこういった状況に十分耐えられる樹種の選択が重要である。

2) 棚畑(田)化する上での特性及び課題

棚畑(田)化する上での特性及び課題を整理すると以下のようである。

- 棚畑(田)化について、小組のアンケート結果をみると図7.3.1(2)に示すよ

うに、現状で棚畑(田)化しているという回答は少なく(回答数:4組)有効な答えは得られなかった。ワークショップを通して住民から得られた議論では、ほぼすべての参加者が棚畑(田)化必要と感じており、この事業を実施する上での住民の理解は十分得られる。

- ワークショップでの結果をみると、棚畑(田)化を実施した住民は参加者の40%で、今後棚畑(田)化を予定している住民は82%に上っている。また傾斜農地の50%~100%を棚畑(田)化したいという希望も挙げられている。(図7.3.2参照)ただ、この棚畑(田)化の課題としてあげられているのが、資金不足である。住民の希望として、資機材の費用については、政府から資金を供与してもらえば、労働力については住民が対応(場合によって有償)するという意見である。

7.3.2 基本条件の設定

ここでは前節の当流域の特性と課題を受けて、水系砂防対策（生物的対策及び構造物対策）を計画するための基本条件を設定する。

1) 生物的対策

生物的対策では造林もしくは造林+山腹工を行うが、これを計画する上で必要のある基本条件は次のものである。

- 対策対象となる土地面積の設定
- 造林実施条件の設定

a) 造林対象となる土地面積の設定

造林対象となる土地面積は前述の土地利用から得られる草地・半荒れ草地面積の80%と各土地利用の中で判読される崩壊地（同じく80%）である。先述のように、土地利用面積は5000分の1地形図にもとづいて、また崩壊地面積は2万分の1航空写真に基づいて作成されている。（図7.1.2及び7.1.4参照）。この草地・半荒れ草地面積及び崩壊地面積は各標高ごとに集計すると下記の表のようになる。

表 R 7.3.1 造林対象面積の選定(単位:km²)

地被状況		標高 (m)			合計
		1500 以下	1500-2400	2400-3000	
草地・半荒れ草地		0.090 (0.113)	7.074 (8.843)	3.816 (4.770)	10.980 (13.726)
崩壊地	草地	0.010	0.458	0.195	0.663
	半荒れ草地	(0.120)	(0.572)	(0.244)	(0.829)
	耕地	0.000	0.020	0.018	0.037
	林地	(0.006)	(0.232)	(0.172)	(0.410)
計		0.015	0.663	0.351	1.028

() 内の数字は80%をかける前の土地利用図及び地形分類図の読み取り面積

このうち造林+山腹工を設置するのは崩壊地（荒山草地、耕地、林地）の区域に対してである。（図7.3.3参照）

b) 造林実施条件の設定

造林実施の条件として下記に示すものを設定する。

- 造林の割合設定（生態林、経済林、薪炭林）
- 造林樹種の設定
- その他造林に必要なインフラ設定（管理道路、保護員小屋の設置）

i) 造林の割合設定

前述の当流域の特性で述べたように、当流域では薪炭林の必要性が非常に高くまた経済林の要望も高くなっているが、荒地・草地の各種造林条件からこれらの要望を取り入れることは難しく、第3章で述べた方針に従い生態林・経済林・薪炭林の植樹面積割合を東川区域内は80:8:12、会澤県域内は80:5:15とする。

ii) 造林樹種の設定

造林樹種は一般に標高ごとの適正樹種として表3.3.1に示すものが適用されている。各造林対象地での条件から最適なものとして、表7.3.1に示す樹種を選定した。

iii) その他造林に必要なインフラ設定（管理道路、保護員小屋の設置）

その他造林に必要なインフラとして、前述の基準に基づき管理道路、保護員小屋などを整備する。

2) 構造物対策

構造物対策で基本条件設定が必要な項目は次の2つである。

- ガリー侵食地の延長及び谷止め工の設置間隔及び設置個数
- 棚畑(田)化面積の設定

a) ガリー侵食地の延長及び谷止め工の設置間隔及び設置個数

i) ガリー侵食地の延長

先の基本方針で述べたように、ガリー侵食地の延長は20,000分の1地形図判読によるガリー侵食地を含む0次谷の延長からその50%とし、さらにその半分の延長に谷止め工を設置する。

当流域のガリー侵食地を含む0次谷の延長は図7.3.3に示すように180kmになっている。このことからガリー侵食地は $180\text{km} \times 0.5 \times 0.5 = 45\text{km}$ となる。

ii) 谷止め工の設置間隔及び設置基数

谷止め工の設置間隔は豆腐溝で述べたと同様の考え方から37mに1基必要とし、先のガリー侵食地の延長距離をこの間隔で除すると、その設置個数は1,216基となる。

b) 棚畑(田)化面積の設定

前にも示したように、棚畑(田)化の面積は同じく土地利用図から求められる農地面積、傾斜区分図による15度~25度の範囲にある傾斜農地、さらにその傾斜農地に対して地形判読による既に棚畑(田)化された面積を除いて求められる。図7.3.5に最終的に得られた傾斜農地の区域を示す。この面積の総計は 3.18km^2 である(表R7.1.3参照)。

7.3.3 計画策定

前述の基本条件を基に生物的対策と構造物対策から構成される当流域の水系砂防対策の計画策定を行う。

1) 生物的対策

a) 荒地草地に対する造林

i) 計画諸元

荒地草地に対する造林について、1/5,000 地形図を用いて、図 7.3.4 に示す各小流域に分割し、それぞれについて生態林・経済林・薪炭林の割合及び地域特性を考慮しながら前述に示す造林樹種を決め、各樹種の植樹面積を求めた。表 7.3.1 に造林樹種面積を示す。

造林に必要な道路整備延長、保護員小屋面積は下表に示す通りである。

表 R 7.3.2 付帯施設数量

項目	細目	数量	適用
道路	防火帯	14km	
	巡視保護用	14km	
	歩行者用	70km	
保護員小屋3箇所 (16名)		320m ²	20m ² /人

ii) 工事費算定

上述の各樹種ごとの植樹面積に対して、植樹単価を乗じて植樹の工事費を算定、その他、道路整備延長、保護員小屋などの付帯事業も合わせて表 7.3.2 及び 7.3.3 に示す。

iii) 便益算定

荒山草地の造林に対する便益は以下の項目である。

- 流出土砂の抑制効果
- 造林による温暖化ガス吸収効果及び保水効果
- 経済林植樹による生産効果

これらの効果をまとめて表 7.3.4 に示す。

b) 崩壊地に対する造林+山腹工

i) 計画諸元

崩壊地に対する造林及び山腹工の対象面積は表 R 7.3.1 に示すとおりである。この崩壊地に対する造林は基本的に生態林を植樹する。植樹樹種は荒山草地と同様、その標高で比較的乾燥に強い樹種を選定する。表 7.3.5 に各樹種の植樹面積を示す。

ii) 工事費の算定

工事費は造林費用及び山腹工の設置費用である。上記面積に各樹種ごとの造林単価及び面積当たりの山腹工単価を乗じて工事費を算定する。下表にその結果を示す（表 7.3.5 参照）。

表 R 7.3.3 崩壊地対策工事費(造林+山腹工)

崩壊地地目	合計 (千元)	適用
林地	3,201.4	
耕地	363.0	
草地・半荒れ草地	6,467.3	
合計	10,031.8	

iii) 便益算定

崩壊地に対する造林+山腹工の便益は、前項荒山草地に対する便益とほぼ同様であるが、経済林は植樹しないので、これを除いた以下のものである。

- 流出土砂の抑制効果
- 造林による温暖化ガス吸収効果及び保水効果

表 7.3.6 に便益計算の取りまとめ結果を示す。

2) 構造物対策

a) ガリー侵食地に対する谷止め工設置

i) 計画諸元

ガリー侵食地に対する谷止め工の数量は前述のように全体で 1,216 基となっている。（7.3.2. 2) a) 参照）。

ii) 工事費の積算

工事費は、谷止め工の総基数に 1 基当たり単価を乗じて求める（図 3.3.2 参照）。下表に工事費を示す。

表 R 7.3.4 ガリー侵食地対策工事費(谷止め工)

谷止め基数	単価	工事費 (千元)	適用
1,216	3,640 元/基	4,426	

iii) 便益算定

ガリー侵食地に対する谷止め工設定の便益としては、基本的にガリー侵食による土砂生産量の抑制である。この抑制量及び便益は下表に示す通りである。

表 R 7.3.5 ガリー侵食対策効果及び便益

効果項目	効果量	便益原単位 (千元)	便益額 (千元)
表面侵食抑制効果	$45\text{km} \times 400\text{m}^3/\text{km} = 18,000\text{m}^3$	9 元/ m^3 /年	162.0

b) 傾斜農地の棚畑 (田) 化

i) 計画諸元

棚畑 (田) 化する傾斜農地の面積は図 7.3.5 に示す図に基づいて求めた。この集計の結果は表 R7.1.4 に示した通り総計 3.18 km^2 である。

ii) 工事費の積算

棚畑 (田) 化に要する工事費は石積み工+土の切り盛り費用である。この単価は前に述べたように 2.3 元/ m^2 (1,534 元/畝) でこれに棚畑 (田) 化面積を乗じて工事費を求める。下表に工事費を示す。

表 R 7.3.6 棚畑 (田) 化工事費

棚畑化面積(km^2)	単価 (千元/ km^2)	工事費 (千元)	適用
3.18	2,300	7,314	

iii) 便益の算定

傾斜農地の棚畑 (田) 化の便益は生産土砂の抑制効果と農地改良効果である。このうち生産土砂の抑制効果は m^3 当たりの抑制量で表される。また農地改良効果については前に述べた如くリース料の差から生産コストを減じた 150 千元/ km^2 (100 元/畝) を適用する。下表に便益算定結果を示す。

表 R 7.3.7 棚畑 (田) 化便益

便益項目	効果量	便益原単位	便益 (千元/年)
生産土砂抑制量	$3.18\text{km}^2 \times 4,000\text{m}^3/\text{km}^2 = 12,720\text{m}^3$	9 元/ m^3 /年	114.5
農地改良効果	3.18 km^2	150 (千元/ km^2 /年)	477.0

3) 計画数量・工事費・便益取りまとめ

前述の生物的対策、構造物対策の計画数量、工事費、便益を取りまとめて表 7.3.7、表 7.3.8 に示す。この結果、桃家小河流域の水系砂防対策に対する総工事費は 31,728 千元、年間維持管理費は 158.6 千元/年、総便益は 3,589 千元/年となる。

7.4 非施設対策の検討

3.4 非施設対策での基本方針に沿って、本流域のハザードマップの活用、群測群防強化について具体化する。

7.4.1 本流域の災害特性と非施設対策

本流域でも、まず山間部での地すべり、急傾斜地崩壊が問題である。7.2 土石流対策の検討で述べたように本川の土石流については導流工が計画されており、土石流発生時には河川敷に近づかないことが肝要である。そのためには、予警報などによる警戒避難対応が必要である。

これらの対策として、下表のようにハザードマップの活用、群測群防の強化、さらに第8章で述べる予警報システムの整備を提案する。

表 R 7.4.1 非施設対策と対象とする災害

非施設対策	主に対象とする災害	主な保全対象
ハザードマップの活用	土石流、地すべり、急傾斜地、洪水	全地域
群測群防の強化	地すべり、急傾斜地崩壊	山間部集落
予警報システム	土石流、洪水	下流部河川沿いの集落

まず、群測群防は山間部の集落で問題となる地すべり、急傾斜地崩壊を対象とする。河川沿いの集落の住民には、従来の郷鎮政府→村民委員会→小组という情報網を通じて土石流の危険性を知らせる。その大本となる降雨情報は第8章で述べる予警報システムから得られることになる。さらに群測群防や予警報システムに基づいた避難活動などに役立てるためにハザードマップを活用する。

7.4.2 ハザードマップの活用

ハザードマップは広域ハザードマップと地区防災マップの2種類を作成する。

広域ハザードマップは豆腐沟流域全域について、小江工程管理局（仮称）が作成し、関係機関へコピーを配布する。当面は調査団が作成した図 7.1.5 を採用するものとするが、その後の災害実績、土地利用の変化などを参考に5年毎に見直しを行う。

地区防災マップはワークショップを通じて、住民が作成する。この地区防災マップには危険箇所他に避難地、避難経路を記入する。作成対象地区は次節で述べる43箇所の群測群防強化候補地区である。作成後は関連行政機関へコピーを配布するほか、群測群防責任者宅で掲示し、住民が簡単に閲覧できるようにする。

7.4.3 群測群防の強化

群測群防強化は山間部の地すべり、急傾斜地崩壊を主な対象とする。図 7.1.5 の広域ハザードマップを参考に、新たな強化対象候補地区として表 7.4.1 に示すの43地区を選定した。このときの選定基準は10軒以上の家屋が、地すべり警戒地域もしくは急傾斜地崩壊警戒地域に入っている集落である。

これらの43候補地区のどの地区を実際の強化地区とするかについては、現場での地区防災マップの作成、現地踏査などを通じて決定する。

第8章 予警報システムプロジェクトの検討

本テレメータ雨量計を利用した予警報システムプロジェクトはテレメータ雨量計を整備し、かつ東川市街地流域で土石流センサーおよび警報局の整備をしようとするものである。この提案は緊急計画に含まれるものであり 2010 年までの完成を目標とする。

8.1 緊急予警報システムプロジェクトの内容

8.1.1 予警報システムの現状

小江流域には無数の土石流危険溪流があり、また地すべり地の上に数多くの住民が暮らしており、これまで多大な土砂災害を被ってきた。土砂災害は局地的かつ短時間の豪雨によってゲリラ的に発生することが多く、このことが現象の把握や予測を困難にしている一因となっている。

一方、小江流域において現在予警報システムと呼べるものは群測群防を除けば、3 区県気象局による気象予報ぐらいしかないが、未だ満足できる精度にはない。また流域内には本調査で設置した雨量計を合わせて 10 数ヶ所程度の雨量観測所もあるが、それらは個別に観測しているだけでネットワークとしての繋がりは全くないなど、システムとしての体をなしていない状況にある。

群測群防は住民の防災意識の向上や、住民の住んでいる身近で発生し、しかも比較的ゆっくりした地すべり現象には有効ではあるが、遠く離れた上流域で突発的に発生する土石流対策への対応が難しいなどの限界がある。

基本計画では投資の多くを施設対策の充実に向けることになるが、無数の災害危険地域の全てをカバーできるわけでもなくまた整備にも長い年月を要することになる。さらに、施設整備を完了しても想定した規模以上の災害も当然起こりうり、それに対する備えも必要である。したがって施設対策を補完する予警報システムの重要性は明白であるが、上記のように現状はシステムとしての体をなしておらず、改善・現代化は不可欠かつ急務となっている。

8.1.2 緊急予警報システムプロジェクトの内容

以上のような現状を鑑み、基本計画では2段階による予警報システムの整備を提案している。まず緊急プロジェクトでテレメータを中心としたシステムを導入し、その運用状況を見て、さらに局地レーダ雨量計の導入を検討することになっている。

表 R 8.1.1 基本計画における緊急プロジェクトと長期計画

緊急/長期	主な内容	数量	対象地域
緊急プロジェクト (2010 年完成)	防災情報センターの設立	1	小江全流域
	テレメータ雨量計の設置	8	小江全流域 (3 雨量計は東川市街地流域へ集中)
	土石流監視局の設置	8	東川市街地流域 (深沟、石羊沟) 土石流危険溪流
	土石流警報局の設置	9	東川市街地の土石流氾濫区域
長期計画 (2015 年完成)	局地レーダ雨量計の設置	1	小江全流域

1) 緊急プロジェクトの目的

この緊急予警報システムプロジェクトの目的は以下のとおりである。

- この緊急予警報システムプロジェクトでは計 8 箇所のテレメータ雨量計を設置して小江流域全体の降雨概況を把握し、洪水土砂災害予測の基礎情報として関連機関へ伝達する。異常事態の発生が危惧される場合には、既往の行政階層に基づいた連絡系統に従って群測群防対象地域へも注意報、警報が伝達される。
- 土石流が氾濫してできた扇状地に暮らす東川市街地の住民約 6 万人を土石流災害から守るために、東川市街地流域に重点的にテレメータ雨量計（計 8 箇所のうちの 3 箇所）、土石流センサーを配備して土石流発生を検知し、それらの情報を関係機関へ伝達するほか、市街地には警報局を設けて、直接住民へ避難警報を呼びかける。

2) 緊急プロジェクトの内容

緊急予警報システムプロジェクトについて、情報の流れから、システムを情報収集、情報処理、情報伝達の 3 つのサブシステムに分けて説明する。

a) 情報収集サブシステム

まず小江流域にテレメータ雨量局を 8 箇所設置し、小江流域全域の降雨概況を把握できるようにする。長期計画ではさらに局地レーダ雨量計の導入を検討する計画となっており、そうなった場合にはこれらの雨量データはレーダ雨量の較正に使われることになる。また 8 箇所のテレメータ雨量局の内、3 箇所は人口・資産の集中する東川市街地流域（深沟、石羊沟流域）に集中的に配備する。

また「6.1 土石流対策」で述べているように、東川市街地流域には 8 本の土石流危険溪流があり、約 6 万人の東川市街地住民に大きな脅威を与えている。これらの土石流危険溪流に土石流センサーを備えた土石流監視局を設置することにより、土石流発生検知を可能とする。

以上の情報データは通信回線によって新組織である小江工程管理局の防災情報センターに送られる。

b) 情報処理サブシステム

小江工程管理局（仮称）の防災情報センターは主に収集された情報を格納、加工処理し、図化、危険度判定などを行い、その情報をわかり易く図化して関連機関へ伝達する。

c) 情報伝達サブシステム

情報伝達サブシステムでは、基本的に従来の水防体制および群測群防体制を活用する。すなわち、高速インターネット通信または電話・ファックスを利用して防災情報センターから関連機関へ情報提供する。災害危険区域の小组レベルまでへの連絡には、基本的に行政階層に基づいた系統に準じて、電話などによって連絡することになる。

土石流が発生した場合、大惨事が想定される東川市街地流域では、スピーカー施設を備えた警報局を設け、防洪指揮部の判断、指示に基づき、直接防災情報センターから警戒を呼びかける。

8.2 サブシステムの仕様検討

8.2.1 システム仕様検討方針

個々のサブシステムの検討・設計を行うにあたり、以下の4点に留意する。

1) 確実性

予警報システムを導入する場合最も重要なことは動作の確実性である。防災システム機器は過去の稼働実績を重視し、過酷な環境でも確実に動作する品質のものを選択する。特に土石流監視局は土石流発生時に想定される被害によりシステム機能が停止しないように、電源、構造物、伝送回線などを設計する。

2) 操作性

テレメータ雨量および土石流発生検知は全自動でデータ収集、格納、演算分析を行うことにより操作性を高める。基本的にパーソナルコンピュータベースの画面によって操作を行う。

3) 保守性

上記の条件を満たすことが出来れば可能な限り中国製品を導入し、システムが稼働した後の保守をメーカーに任せられるものが望ましい。

4) 警報発令自動化の有無

雨量が警戒値、避難値に達した場合警報局に対して自動的に警報を発令する機能を持たせる。警報発令責任者（防洪指揮部）などが不在で確認できなかった場合一定時間経過後警報発令を自動的に行う方法であるが、雨量判定図が完成するまでこの自動警報発令は行わない。警報局への警報発令は発令責任者の判断の元に手動発令とする。

8.2.2 情報収集サブシステムの検討

1) テレメータ雨量局

テレメータ雨量観測局は巻末の図 8.2.1 に示すとおり配置する。観測局候補地の詳細は以下のとおりである。8箇所テレメータ雨量観測局の設定に当たっては、以下の点を考慮した。

- 基本計画の長期計画では、局地レーダ雨量計を設置する予定であり、局地レーダ雨量計の雨量較正に使えるように、小江流域全体に広く分布させる。
- ただし、東川市街地流域（深沟、石羊沟）では、土石流予警報システムとしても利用できるように3雨量観測局を集中的に東川市街地流域に配備する。
- テレメータ雨量計を盗難や破壊から守るために、人目につきやすい集落に設置するものとする。さらに公共建物がある場合はその敷地内に設置する。

表 R 8.2.1 雨量観測局リスト

局番	局名	場所	緯度	経度	高度 m	備考
1	金源雨量観測局	金源中国水利ビル	N25° 50' 939	E103° 07' 592	1,662	小江流域
2	播卡雨量観測局	郷政府建物	N26° 25' 444	E103° 02' 063	1,794	小江流域
3	大海雨量観測局	郷政府建物	N26° 17' 600	E103° 13' 777	3,152	小江流域
4	新炭房雨量観測局	村の中心、公共建物無し	N26° 06' 745	E102° 54' 666	2,764	小江流域
5	駕車雨量観測局	郷政府建物	N25° 59' 334	E103° 21' 765	2,673	小江流域
6	大火地雨量観測局	村の中心、公共建物無し	N26° 06' 880	E103° 13' 798	2,321	小江流域 深沟
7	中殿雨量観測局	村の中心、公共建物無し	N26° 07' 094	E103° 12' 295	2,022	小江流域 老干沟
8	元宝山雨量観測局	村の中心、公共建物無し	N26° 05' 080	E103° 13' 450	2,004	小江流域 石羊沟

一方、东川区気象局でも気象予報の精度向上のために、区内 10 箇所にテレメータ雨量計を配置する計画がある。それによると設置箇所は、図 8.2.2 に示すように計 8 箇所の郷鎮政府建物と坝塘水庫、そしてもう 1 箇所は未定である。観測通信方法としては GSM(Global System for Mobile) 携帯電話回線を用い、雨量観測頻度は 1 分毎であるが、データ転送は 1 時間に 1 回だけである。この事業について上級機関の承認は既に下り、2006 年 4 月 30 日の運転開始を目標に準備が進められている。

気象局のテレメータデータは、当予警報システムに取り入れることができれば、小江流域の土砂災害対策に非常に有効なものとなる。しかし将来的なシステムの統合は当然考慮すべきであるが、以下の理由から本調査においては、別個のものとして当予警報システムだけでも単独で機能できるように計画する。次の詳細設計の段階では、新組織である小江工程管理局（仮称）の指導の下に気象局との間に協力関係を構築し、両システムの統合を前提に設計を行うことが望ましい。

- 現時点で気象庁のテレメータシステムの詳細仕様は不明である。
- 気象庁の 1 時間毎のデータ転送間隔は土砂災害を目的とした当予警報システムには長過ぎる。
- 気象局との協力関係が確立していない現時点では、気象庁から文書でしかデータは提供されない（デジタルデータは提供されない）

2) 土石流監視局(土石流検知装置)

东川区市街地流域のうち土石流危険渓流である深沟、石羊沟流域の計 8 渓流に土石流発生検出のための観測局を設置する。設置場所は土石流危険渓流の既設または **6.1 土石流対策** で検討した新設の砂防えん堤に設置する。設置場所を図 8.2.3 に示す。

土石流氾濫計算結果によると、土石流の流下速度は毎秒 7m～12m と高速なため、土石流が住民居住地域に達する時間は極めて短時間（1.5～5 分）であり、土石流検出で警報を出しても避難時間を確保できない。また誤作動による警報の発信により

大混乱を起こす恐れもある。したがって土石流観測局の主目的は、正確な土石流の発生時間を自動的に東川区防災センターに通報してセンター内の警報表示盤や表示端末で警報を発する、と共に正確な土石流発生時刻を雨量情報と合わせてより精度の高い土石流発生雨量判定図の作成に供することとする。

表 R 8.2.2 土石流観測局候補リスト

溪流・局名	場所	緯度	経度	高度 m
深沟 1 (深沟本川)	大菜园既設 No. 1 砂防えん堤	N26°06' 636	E103°12' 942	1,598
深沟 2 (老干沟)	祝国寺東側新設砂防えん堤	N26°06' 693	E103°12' 038	1,732
深沟 3 (尼拉姑沟)	小石城北部新設砂防えん堤	N26°05' 573	E103°11' 936	1,400
深沟 4 (尼拉姑沟北支沟)	中村東部新設砂防えん堤	N26°05' 400	E103°12' 069	1,433
深沟 5 (尼拉姑沟南支沟)	中村東部新設砂防えん堤	N26°05' 325	E103°12' 092	1,432
石羊沟 1 (石羊沟本川)	大高粱地西側砂防えん堤	N26°05' 028	E103°12' 626	1,590
石羊沟 2 (徳莫沟)	徳莫沟砂防えん堤	N26°04' 563	E103°12' 155	1,424
石羊沟 3 (余家沟)	余家沟砂防えん堤	N26°04' 389	E103°11' 883	1,390

a) 土石流発生検知センサーの選択

現在実用に供されている土石流センサーはワイヤーセンサー、振動センサー、音響センサーなどがある。ワイヤーセンサーはいわゆる接触型センサーであり、動作確率が高いため数多く施工されている。一方、非接触型である振動センサーや音響センサーは設定値を決めるまでに何度かの土石流を経験しないと最適値が出ないため、誤動作が多い。

土石流監視カメラも有効な手段であるが夜間の監視のための照明や光ケーブルの敷設などコスト高であり、夜間のモニターなど、建設や運用上に問題が多い。

本システムでは土石流発生溪流の形状、土石流の種類など及び建設予定の砂防えん堤の構造などを検討の結果、誤動作が少なく検知が確実なワイヤーセンサーを採用することにした。ワイヤーセンサーはセンシングワイヤーを砂防ダムの水通し部分を横断するように設置し、土砂が越流してワイヤーセンサーを通過する際に切断することで検知するもので、確実性が高く、施工実績が多い方式である。一般的には最大5条のワイヤーを2kmまでの距離区間に設置できる。ただしこのセンサーは1度土石流を検知するとワイヤーが切断されるため、連続的な観測が出来ず、ワイヤーの張替えが必要である。

b) 土石流発生予測

土石流発生が降雨と密接な関連を持つことから土石流発生危険基準線を設定することにより、土石流の発生を予測することが出来る。下図は有効雨量強度と実効雨量による雨量判定図の例である。危険境界線は最低1年間の土石流発生実績から決められるが、溪流や周囲環境の変化から一定でないため連続してデータを収集し、その都度危険境界線を更新する。

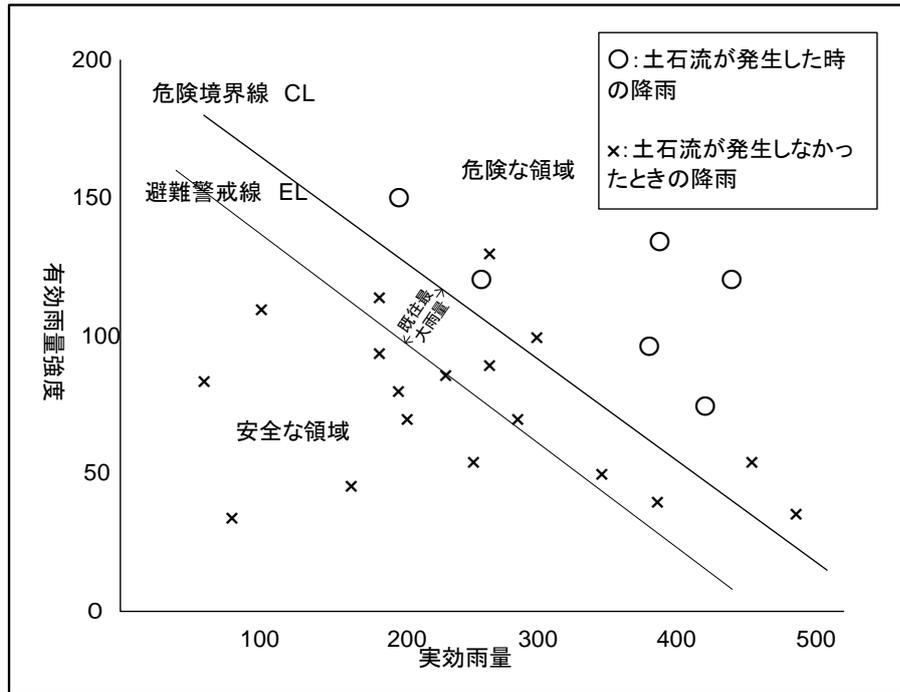


図 R 8.2.1 土石流発生雨量判定図の例(各雨量観測所毎に作成する)

雨量判定図は過去の時間雨量データや土石流発生記録などが無いと作成できない。土石流発生検知装置（ワイヤセンサ）を設置することで土石流が発生した正確な時刻を観測することが可能になり、発生するまでの降雨量を観測できる。

システム運用当初はまだこのような判定図を作成するだけのデータがないので、蒋家沟などの警戒雨量を仮に設定して試験運用する。システム導入後、詳細データを収集するたびに、修正を加えていく。

日本では土石流発生監視システムとしてこの方法を採用し、常時雨量を観測して設定した雨量に達すると自動的に警報を出すシステムが実用化されている。土石流氾濫予想地域に警報局を設置し、防災情報センターで雨量判定図により「警戒」及び「避難」値に達する最低1時間前に警報局を起動し、「警戒」「避難」警報を放送する。

3) テレメータデータ伝送回線の検討

調査地域内のテレメータ雨量局設置箇所は南北で約 110km,東西で約 47km の山岳地で高低差は 1,490m に及ぶ複雑な地形である。また雨量局は比較的高所に設置する計画であるが、土石流監視局は东川市街地流域の土石流危険溪流沿いに設置されることになる。これら観測局を防災情報センター（現在の东川区水務局内に設置されると仮定）に接続するため現在中国云南省で利用可能な各種のネットワーク方式を調査・検討する必要がある。

テレメータデータ伝送方式について VHF/UHF 単信無線回線、GSM 携帯電話回線、公衆電話回線及びインマルサット C 衛星回線について検討した。その詳細比較検討を表 8.2.1 に示す。

a) VHF/UHF 単信無線回線

リアルタイムのデータ収集が可能で、かつ災害時の信頼性が高い。無線回線の形成が楽な地域では最適である。その観点から見ると本調査地域は高山岳地であり全ての観測局を無線で接続するためには最低でも4箇所の中継局が必要になり、初期投資が大きくなる。この方式のデータ伝送速度は回線の信号対雑音比(S/N比)によるが、最大1,200BPSを確保できる。また通信頻度に関しては常時使用しても通信料に関係なく運用できる利点がある。

b) GSM 携帯電話回線

本計画で雨量計を設置する場所は維持管理の観点から郷・鎮政府などの建物を予定していることから携帯電話によるデータ伝送は新炭房を除き、可能である。機材の初期投資が小さく、雨量データのような少量のデータ伝送にはSMS(Short Message Service)などを使用することにより通信料金も軽減できる。データ伝送速度は最大9,600BPSで回線利用頻度が高くなれば通信料金も比例して上がる。観測局がGSM携帯電話サービスエリアにあれば使用可能であるが防災システムでの実績が少なく災害時の通話の輻輳などの問題がある。

c) 公衆電話回線

プロジェクトエリア内の雨量観測局予定地は殆どの場所で公衆電話回線が設置されているので回線を形成することは可能である。一方で土石流観測局は集落から離れた場所にあるため電話線はない。またこれらの電話線は災害時に被害が及ぶことがあり回線信頼性に欠ける。また一度土石流などに被害を受けると修復にかなりの時間を必要とする。データ伝送速度は交換局と加入者間の電話線路長が長距離であることから200BPS程度の低速通信となる。

d) インマルサットC衛星通信回線

回線の形成は簡単であるが通信費が高く運用コストに問題がある。東川区防災情報センターにインマルサット端末を設置するTWO-HOP回線にすると、衛星地上局よりの折り返し通信になるため5分から10分の遅延が発生するため、データの即時性が損なわれる。特に土石流検知データの伝送は1秒を争うため、このシステムは適当でない。

防災システムは即時性と信頼性に最も重点を置き設計しなければならない。その観点からVHF/UHF単信無線回線があらゆる点から最適であるが、初期投資が高く、かつ自前の維持管理を行う必要があることから、現段階での採用に難点がある。従ってレーダ雨量計を導入するまで、初期投資が安いこと、及び回線の維持管理を免れるGSM携帯電話回線によるSMSまたはGPRS(General Packet Radio System)方式を提案する。ただしGSM携帯電話回線が利用できない新炭房雨量局については公衆電話回線を用いることとする。

携帯電話回線のような商業通信ネットワークを防災システムに組み込むことは信頼性の観点から見ると最善ではない。従って長期計画においてレーダ雨量計システムを導入する際に防災システムに最適な自営のVHF/UHF単信無線回線に変換することが望ましい。但し自営回線は維持管理を行うための組織・技術が必要である。当面GSMネットワークによるテレメータシステムの運用を行い、維持管理技術に習熟することにより、局所レーダ雨量計の導入時までに関係者の維持管理に対する体制や能力が向上することを期待する。

4) テレメータ雨量観測局の仕様

テレメータ雨量局は全て山間僻地の高地に有り、かつ冬季には積雪、夏季には高温になる場所である。このため観測装置は機材の保護及び維持管理の容易さから出来るだけ郷・鎮政府の建物内に設置することにする。そのような建物を確保できない観測局は耐天候屋外防水筐体とし、局舎の建設は極力行わない。

テレメータ雨量観測局は観測装置、GSM モデム、転倒桁雨量計及び太陽電池電源で構成される。観測装置は防災情報センターのテレメータ監視制御装置よりのポーリングによる観測指令に従って最新データを GSM モデム経由ショートメッセージ形式で送出する。データ転送間隔は最短 10 分間隔とし、また観測装置は降雨開始信号を検出すると監視制御装置に観測開始を促し、自動的にそのデータを送出するイベントレポート機能を有する。観測局は商用電源を使用せず太陽電池によって動作する。この地域での雨期の無日照時間が長いことから太陽電池・蓄電池は 30 日の無日照に耐える容量とする。

これらの機材の配置図を図 8.3.1 に示す。

5) 土石流監視局の仕様

土石流監視局の建設は土石流を検知する溪流沿いで、かつ土石流による被害が及ばない場所に設置する。基本的には土石流観測装置、ワイヤーセンサー制御装置、GSM モデム、ワイヤーセンサー、分岐部及びケーブル保安器、そして太陽電池電源より構成される。ワイヤーセンサーは基本的には砂防ダムの堰堤部分に下部に 2 条、上部に 2 条設置し、接続箱に接続する。接続箱より観測装置までは最大 2km の距離をとることができるため、観測局を土石流の影響を受けない高台に建設する自由度が高まる。

土石流が発生してワイヤーセンサーが切断すると、制御部で切断情報を検知し、観測装置に伝達する。ワイヤーセンサーの切断信号を受けた観測装置は直ちに切断情報を防災情報センターへの伝送及び土石流発生検出センサーによる土石流警報の自動発令と防災情報センターへ GSM モデムを経由して伝送する。観測局は商用電源を使用せず太陽電池によって動作する。この地域での雨季の無日照時間が長いことから太陽電池・蓄電池は 30 日の無日照に耐える容量とする。

これらの機材の配置図を図 8.3.1 に示す。

8.2.3 情報処理サブシステムの検討

情報処理サブシステムとして、小江工程管理局の防災情報センター内に雨量・土石流監視制御装置が置かれる。

1) 雨量・土石流監視制御装置

図 8.3.1 に示すように、雨量・土製気流監視制御装置はテレメータ監視装置および演算装置（土石流監視装置）・表示端末・カラーレーザビームプリンタ・Web Server から構成される。テレメータ監視装置は、観測局から自動起動方式で伝送される雨量情報および土石流検知情報（ワイヤセンサー情報）を受信し、LAN を経由して受信した情報を演算装置（土石流監視装置）に出力する。演算装置（土石流監視装置）は、テレメータ監視装置から入力した雨量情報から、雨量情報を求め、警戒値に基づいた警報判定を行うことで土石流発生の危険性を判定する。表示端末は演算装置（土石流監視装置）と LAN で接続し、演算装置（土石流監視装置）に保存さ

れた情報を画面に表示するとともに、保存した情報の表示およびカラーレーザビームプリンタに対する印字制御を行う。演算装置と表示端末の表示内容は以下のとおりである。

表 R 8.2.3 監視局演算装置(土石流監視装置)ディスプレイ画面一覧表

	画面名称	表示内容	様式
1	画面メニュー	画面メニュー	文字
2	状況一覧表	システム状況及び降雨状況を一覧表として表示	文字
3	情報修正	演算処理した雨量情報を修正	文字
4	定数設定修正	演算定数及び判定定数の設定変更	文字

表 R 8.2.4 監視局表示端末ディスプレイ画面一覧表

	画面名称	表示内容	様式
1	画面メニュー	画面メニュー	文字
2	状況図	地図上に雨量及び設備の状況を表示	地図
3	雨量グラフ図	時間雨量を棒グラフ、連続雨量を折れ線グラフで表示	グラフ
4	雨量現況表	全雨量データの現況を表示	文字
5	雨量一覧表	観測局ごとに雨量情報を一覧表表示 表示間隔は 10 分、20 分、30 分、60 分	文字
6	一括雨量一覧表	雨量データの 24 時間データ表示 表示間隔は 10 分、20 分、30 分、60 分	文字

次いで土石流発生情報処理を行う。土石流観測局別に観測時間、ワイヤー毎の状況(接続・切断・エラー)、切断警報音の情報を処理し、印字、表示及び警戒音を警報表示盤で表示・吹鳴する。

8.2.4 情報伝達サブシステムの検討

情報伝達サブシステムとして、东川市街地の土石流氾濫区域に警報局を設置する。また小江工程管理局の防災情報センター内に警報監視制御装置を置く。さらに情報処理サブシステムで処理された情報はウェブサーバに転送され、インターネット経由で3区県の防洪指揮部及び関連機関に情報を提供される。また大雨時には別途、電話または FAX で防洪指揮部及び関連機関、そして該当地域の郷・鎮政府に降雨、土石流情報が伝達される。

1) 警報局

a) 既存警報・放送施設

东川区市街地ほぼ中央にある都市建設局の屋上には人民防空指揮部管理の防空サイレン設備が設置されているが、人民防空指揮部は中央政府に直属する独立組織で施設設置の目的から防空警報以外の目的に利用することはほぼ不可能である。

また幾つかの村民小組には拡声器とスピーカーが装備されており、住民への連絡など各種の目的のため使われている。これらの拡声装置の設置は文化大革命まで遡る古い歴史を持っているが、近年は市街地騒音規制のため新設することは認められていないようである。また同時に設置した拡声装置機材が老朽化している。また东川市街地流域では計 35 小組に配備されているが、ほとんどは

山間部の小組であり、扇状地部は6小組に過ぎず、土石流氾濫域をカバーするには到底足りない。

表 R 8.2.5 既設警報放送施設

運用組織	形態	設置場所	数量
人民防空指揮部	サイレン	东川区中心部（都市建設局屋上）	1
村民委員会 村民小組	拡声装置	山間部の小組	29
		扇状地部の小組	6
		計	35

b) 警報局の新設

既存の警報・放送施設を利用するのは難しいため、东川市街地流域広域ハザードマップを基礎として、深さ0.2m以上の土石流氾濫域をカバーするように計9箇所の警報局を設置することを考えた。この場合、警報局を装備するスピーカーは200Wの出力で2方向に放送するが、平常時半径約500mの音達距離があるため、1km間隔で警報局を図8.2.3のように設置する。

広域ハザードマップによると泥石流氾濫地域は大きく4つのグループに分類できる。警報発令はこの4つのグループに分けて発令する必要がある。また东川市街地全域に対する一斉警報機能も持たせることにした。泥石流氾濫グループ、関連警報局及び関連する土石流観測局の一覧は以下のとおりである。

表 R 8.2.6 土石流警報局リスト

泥石流氾濫グループ	関連警報局数
深沟 1（深沟本川）	No. 2, 3, 9
深沟 2（老干沟）	No. 1
深沟 3, 4, 5（尼拉姑沟）	No. 4, 8
石羊沟 1, 2, 3（石羊沟）	No. 5, 6, 7

また警報局の方式として、遠隔制御警報局と簡易型の警報局の2つが考えられる。

i) 遠隔制御警報局

遠隔制御土石流警報装置は警報装置（音声増幅器含む）、スピーカー及びケーブル保安器、及び直流電源装置により構成される。警報局は警報監視局よりの信号によって拡声器を起動し、サイレン擬似音による警報を放送する。サイレン吹鳴パターンは連続または断続の単純な種類とする。警報局の電源は土石流発生時に起こる商用電源の停電に備え、直流電源装置と蓄電池を設置し、土石流発生時確実に動作する電源を採用する。スピーカーの出力は最大200W程度とする。本警報装置は防災システムであり、土石流発生時に確実に動作する信頼度の高い機器が要求される。不幸にして土石流災害が発生した場合、警報局が確実に動作していなかったとき行政の責任が問われる。そのため日本では以下の機能を有する遠隔制御方式の警報局が用いられている。

- 警報動作時に動作確認信号を警報監視制御装置に、機器が指令された通りの動作をした情報を返送する。警報監視制御装置はその情報を格納するとともにプリンターで印字する機能を持つ。
- 毎朝9時に全警報局の自動点検シーケンスが動作し、警報局が正常な状態にあることを点検し、記録する機能を持つ。

ii) 簡易型警報局

上記警報局案は高性能なもので、現在中国で同種のシステムは生産も稼働もしていない。日本における同種システムが稼働実績を含めて最も安定したシステムであるが、コスト高である。そのため代替案として中国でも生産可能な簡易型を提案する。簡易型警報局は、基本的に音声増幅器、スピーカー、電源装置及びケーブル保安器で構成されるもので、機能は単純に入力されたサイレン擬似音、または音声を増幅、放送するものである。

2) 警報監視制御装置

土石流警報監視制御装置は図 8.3.1 に示すように、監視制御装置、PC ベース操作卓、プリンター及び GSM モデムなどで構成される。雨量・土石流予報装置で土石流予測データの演算を行い、土石流警戒値に達した場合、警報または避難情報を東川区内の土石流氾濫危険地域に設置した土石流警報局にサイレン警報の発令指示を送り、サイレン擬似音で警報を発する。遠隔制御警報局の場合、呼出制御を受けた警報局から返送される返送信号により、警報局の動作状況の印字、および表示を行う。

警報局は個別に警報局を動作させるほか、氾濫区域ごとに下記のグループに分け、グループごとの警報を発することが出来る。また必要に応じて警報局全てから警報を発する一括警報を行う機能を持つ。

表 R 8.2.7 警報局グループ

土石流氾濫地域	グループ	警報局数
深沟下流东川区中部地区	1	3
老干沟下流东川区北部地区	2	1
深沟下流东川区東部地区	3	2
石羊沟下流东川区南部地区	4	3
东川区土石流氾濫地域全域	一括警報	9

8.3 トータルシステムの検討

前章の各サブシステムを統合して、トータルシステムとしての予警報システムを構築する。

8.3.1 機材の組み合わせによるシステム検討

前節で検討した設備機材を組み合わせることにより、本プロジェクトに最も効果的かつ経済的なシステムを選択する。また既設の設備の活用も考慮する必要がある。以下の機材の組み合わせによるシステムを検討した。

- ▶ **A 案**：テレメータ雨量観測局、土石流監視局、遠隔制御警報局
- ▶ **B 案**：テレメータ雨量観測局、土石流監視局、簡易型警報局

- ▶ **C案**：テレメータ雨量観測局、簡易型警報局
- ▶ **D案**：テレメータ雨量観測局、土石流監視局、既設小組放送施設

A案は考えられる最高質な設備機材の組み合わせである。B案は警報局に簡易型のものを採用している。C案はA案から土石流監視局を除き、さらに警報局として簡易型警報局を採用している。D案は警報局として既設の小組放送施設を使用するものである。

1) 概算工事費の算定

以上の4案の概算工事費を表8.3.1のように算出した。その条件は以下のとおりである。

- 洪水・土石流予警報システムに使用する機材は原則中国製とする。
- 洪水予警報、土石流予警報、テレメータ監視装置、警報監視制御装置などに必要なソフトウェアの制作は全て中国とする。
- 中国で生産していないものは日本または、ヨーロッパなどの外国製を使用する。
- 現在製品はあるが研究段階で使用実績の乏しいものは外国製を使用する。

A,B,C,D案の工事費はそれぞれ 5,234,400 元、2,530,000 元、1,924,000 元、1,401,000 元である。A案がとりわけ高額となっているが、外国製品となる遠隔制御警報局（一局あたり 306,000 元）がきいている。

2) 維持管理費用

長期的に見た維持管理費は機器寿命によって一定ではない。設置当初の1年間は納入業者による無償補償保守が実施されるため人件費と電気代程度の金額となる。一方コンピュータ関連機材のうちハードディスクドライブ、CDドライブ、ディスプレイなど機械的な部品は3年から5年に掛けて交換が必要になる。このため維持管理費用は大きく「設置から3年間」と「設置から4年目以降」の2種類に分けて準備する必要がある。そこで表8.3.2に上記のように2時期に分けて、4つの代替案に関する年間維持管理費用（スペアパーツ購入費、電気代、保守点検のための年間外部委託費）を概算した。

A,B,C,D案の「設置から4年目以降」の維持管理費用は年間 370,000 元、180,000 元、136,000 元、99,000 元である。4案とも「設置から3年間」の維持管理費用は工事費の3%程度であるが、「設置から4年目以降」のそれは7%程度であり、倍以上に上がることになる。

3) 代替案の比較

上記4案の比較検討を下表のごとく行った。その結果以下の理由から、B案の組み合わせ（テレメータ雨量観測局、土石流監視局、簡易警報局）を採用する。

- B案は警報局の動作確認を除けばA案と機能的に変わらないが、費用は半分以上になり経済的である。
- 警報局を設置するのは市街地であり、動作確認は付近の住民などに電話連絡などにより可能である。
- C案、D案は低コストではあるが、機能的に劣り、推奨できない。

- 2005年11月17日に行ったシステム説明会で中国側はB案の選択に賛同を示していた。

表 R 8.3.1 組み合わせ案比較検討表

システム 組み合わせ	長所	短所	工事費 (千元)	維持管理費 (千元/年)	選定
A案 (テレメータ雨量観測局、土石流監視局、遠隔制御警報局)	<ul style="list-style-type: none"> 高精度のシステムである。 	<ul style="list-style-type: none"> 工事費、維持管理費が高い。 システムが複雑。 	5,234	370	
B案 (テレメータ雨量観測局、土石流監視局、簡易型警報局)	<ul style="list-style-type: none"> 工事費、維持管理費ともA案の48%程度。 警報局の動作確認を除けば、機能的にA案と同様。 	<ul style="list-style-type: none"> 警報局の動作の確認が必要。 	2,530	180	○
C案 (テレメータ雨量監視局、簡易型警報局)	<ul style="list-style-type: none"> 工事費、維持管理費ともA案の37%程度。 	<ul style="list-style-type: none"> 土石流の正確な発生時刻を把握できない。 警報局の動作の確認が必要。 	1,924	136	
D案 (テレメータ雨量観測局、土石流観測局、既存小組放送施設)	<ul style="list-style-type: none"> 工事費、維持管理費とも最小で、A案の27%程度。 	<ul style="list-style-type: none"> 既存の放送設備では土石流氾濫地域の大半をカバーできない。 放送施設に24時間管理体制が必要。 	1,401	99	

注) 維持管理費は4年目以降の値

8.3.2 緊急予警報システム

上記の比較検討によって選定した最適システムを以下に概説する。

情報処理サブシステムでは、8箇所の雨量観測局のデータをGSM携帯電話ネットワークにより防災情報センターのへ伝送し、雨量データの格納と初期処理を行う。また土石流観測局の土石流発生の検知情報を収集する。

情報処理サブシステムとして防災情報センターにおいて、収集した雨量データ、土石流データを演算処理しサーバーに格納する。処理データはグラフィック、またはファイルで印字及び表示装置で拡大表示することが出来る。

さらに情報伝達サブシステムでは、処理された情報はウェブサーバに転送され、インターネット経由近隣の寻甸県及び会泽県の防洪指揮部及び関連機関に情報を提供する。また东川区防洪指揮部の判断、指導により、土石流発生予測による警報の発令を行い、9箇所の警報局の警報音を吹鳴し、必要な情報を放送する。これら一連の洪水・土石流情報を電話またはFAXで防洪指揮部及び関連機関、そして該当地域の郷・鎮政府に伝達する。

システム全体のコンセプトを下図に示すとともに、図8.3.1に各施設の機材構成を示す。下図では东川区を主体に描いているが、基本的に寻甸県及び会泽県とも情報伝達経路は同様であり、行政組織の階層に沿って防災情報センターから郷鎮政府、村民委員会、小組へ、降雨情報などが伝達される。

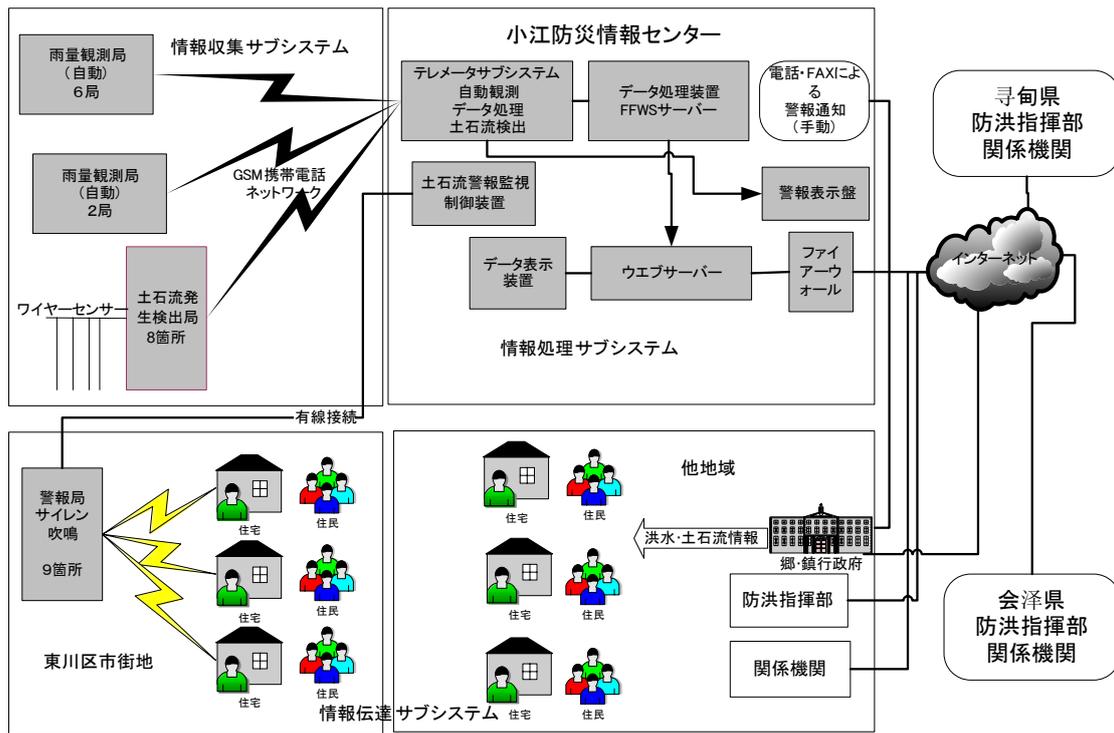


図 R 8.3.1 トータルシステムコンセプト

8.4 システムの運用・維持管理

8.4.1 防災情報センターの業務

小江工程管理局（仮称）内に設置される防災情報センターの主要業務は以下のとおりである。

- 雨量テレメータ観測局の監視制御
- 収集した雨量データの洪水・土石流発生の解析・分析及び格納
- 土石流検出観測局よりの土石流発生信号の表示・印字・記録
- 東川区市街地に設置する警報局の制御
- 水文情報・土石流情報をインターネットや異常事態が生じた場合は電話やファックスにより、3 区県の防災指揮部、関連機関、郷鎮政府へ伝達する。
- 予警報システム機器の維持管理

8.4.2 防災情報センターの体制

小江工程管理局（仮称）の防災情報センターの人員は下表に示すような5人体制とする。ただし、この内、センター長と副センターについては兼任を可とし、実質的には水文・水理技師2名、コンピュータ・電子機器技師1名の3人体制である。

本格的なセンターの稼働は5月から10月の雨季6ヶ月であり、この期間では災害警戒待機のためほぼ24時間態勢の勤務が要求される。実質3人体制で6ヶ月間通して24時間体制を維持することは無理なため、この期間にはセンターの他の部署の職員の応援を得ることとする。

表 R 8.4.1 防災情報センター職員

職名	人数	主な任務	備考
防災情報センター長	1	センターの責任者	兼務可
副防災情報センター長	1	センター長の不在時の代行	兼務可
水文・水理技師	2	観測局の点検 観測データ整理、 警報基準の検討 雨季の災害警戒活動	
コンピュータ電子機器技師	1	機器の点検整備 雨季の災害警戒活動	
計	5		

8.4.3 群測群防との関係

群測群防と予警報システムはお互いに補完しあう関係にある。防災情報センター←→郷鎮政府←→村民委員会（社区）←→小組の情報伝達網は双方向である。群測群防の現場からの情報は村民委員会、郷鎮政府を通じて防災情報センターにもたらされる。一方で小江流域全体の雨の情報などは逆ルートを通じて、群測群防の現場へ伝達されることになる。具体的な各優先小流域における群測群防と予警報システムの役割については、表 R.4.4.1、R.5.4.1、R.6.4.1、R.7.4.1 に示すとおりである。

8.4.4 システムの保守・点検

本システムを可能な限り永続的に、さらに確実に運営するためには、システムの保守・点検が重要である。下表に本システムの保守点検の種類・対象局・内容・実施者・時期を示す。

表 R 8.4.2 機材の整備概要

種類	対象局	保守・点検内容	実施者	時期
日常保守	防災情報センター	機材の清掃、外観点検、	センター職員	雨季 (5~10月)
定期点検 3ヶ月点検	テレメータ観測局 土石流観測局、警報局	清掃、外観点検、簡易テスト	センター職員	通年 (1~12月)
定期点検 1年点検	テレメータ観測局 土石流観測局、警報局	清掃、外観点検、詳細テスト	外部委託	雨季直前 (4月)
異常時点検	テレメータ観測局 土石流観測局、警報局	詳細テスト	外部委託	必要時

雨季に実施する日常保守と3ヶ月定期点検（年4回）は、防災情報センター職員が実施する。一方、年1回、雨季直前に実施する1年定期点検および異常時の点検には、高度な専門技術を必要とする。関連機関の技術者を専門の点検修理のため訓練する方法や新たに技術者を雇用することは実際的ではないと判断される。そこで、これらの点検は、外部委託により実施するものとする。中国の通信技術レベルから見て、中国の通信・コンピュータ専門業者により1年点検および異常時点検は充分可能である。

第9章 小江工程管理局設立プロジェクト

9.1 はじめに

基本計画編で述べているように、小江流域の土砂災害対策および自然環境修復に関わる基本計画の実施・運用管理については、新しい組織があたることになる。本章では、その新しい実施・運用組織の具体的な構成について検討する。

9.1.1 基本計画の概要

小江流域の土砂災害対策と自然環境修復に関わる基本計画は2010年までの完成を目指す緊急計画と2020年までの長期計画からなる。緊急計画の事業費は約2.6億円、また長期計画の事業費は約21.7億円であり、総事業費は24.3億円である。主な資金源としては、海外融資機関からのローンを期待している。

プロジェクト	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20
緊急計画															
小江工程管理局（仮称）設立プロジェクト		■	■												
優先小流域に関わるプロジェクト		■	■	■	■										
雨量テレメータを利用した予警報システムの構築		■	■												
長期計画															
優先小流域以外の小流域関連プロジェクト					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
小江本川改修プロジェクト					■	■	■	■							
局地レーダ雨量計を利用した予警報システムの構築						■	■								

図 R 9.1.1 基本計画実施工程案

基本計画に含まれる「各プロジェクトの概要は以下のとおりである。

表 R 9.1.1 基本計画の概要

計画	プロジェクト	事業費 (億円)	内容
短期計画	小江工程管理局（仮称）設立プロジェクト	—	基本計画の実施・運用を司る新組織の設立である。設立直後の大きな任務は基本計画の実施のための資金調達であり、そのプロジェクトを実施し、完成後は維持管理・運用を行う。
	優先小流域に関わるプロジェクト	2.5	豆腐沟、乌龙河、东川（深沟、石羊沟）、桃家小河の4優先小流域について、土石流対策・水系土砂管理（造林、退耕還林、棚畑化、山腹工）を合わせた施設対策および非施設対策から成る総合対策を他の小流域に先駆けて行う。
	雨量テレメータを利用した予警報システム	0.1	雨量テレメータによる情報収集システム、情報の可視化、分析、予測を行う情報処理システム、処理した情報を伝達する情報伝達システムからなる予警報システムを構築する。また东川市街地では土石流センサー局、警報局も設置する。
長期計画	優先小流域以外の小流域関連プロジェクト	19.9	優先小流域に引き続き、それ以外の小流域に関連する総合対策プロジェクトを実施する。
	小江本川治水(改修)プロジェクト	1.2	20年確率の治水安全度が確保されるように、農地を守る河川堤防を、計画的転流を考慮しながら整備する。
	局地レーダ雨量計を利用した予警報システム	0.6	雨量テレメータを利用した予警報システムに局地レーダ雨量計を加え、システムの高度化を図る。

9.1.2 新組織の必要性

小江流域は 3,058km² と広く、昆明市（東川区と尋甸県）と曲靖市（会泽県）にまたがるため、省レベルの広域的な管理が望ましい。また、この地域は土石流問題、環境修復問題、地域開発・貧困対策等の課題が多く、これらの問題を総合的に取り組む専属的な組織が必要である。

しかし、現状では云南省の中で小江流域の管理を担当する専門部署はない。また東川区には主に技術的な問題に取り組む東川土石流研究所があるものの、計画から管理まで、小江流域全般の管理を担当する組織はない。このように小江流域の土砂災害対策、環境修復を推進するために、新しい事業実施組織の確立は重要な課題となっている。

9.2 新組織の基本方針

9.2.1 項目法人制

中国は小さな政府を目指して 1998 年ごろから「精簡機構、機構改革」（政府部門を小さくする改革）を行い、政府部門の人員を半減させた。そんな流れの中で政府部門は主に行政に係わる一般的な管理のみを行い、特定の事業を行う場合はその事業を管轄する専門組織もしくは臨時組織を設置するのが一般的になっている。とくに国際資金による開発を行う場合は、専門組織を設置するのが一般的となっている。

下表に示すように、専門組織には項目（プロジェクト）法人によるものと弁公室を組織する方法があるが、近年項目法人制が一般的な方法となってきており、多くの事業でこの方式を採用している。項目法人には総公司、工程管理局などがあるが、本事業のように採算性が困難な場合には政府機関と民間会社の間接的な立場である工程管理局が採用されている。このような状況を配慮し、本基本計画の実施機関として小江工程管理局（仮称）を設立することとする。

表 R 9.2.1 開発事業実施のための専門組織

組織形態		特徴	事例	採用
項目法人	開発総公司・投資公司	収益性のある事業を行う場合の事業管理組織、公営会社のような組織。収益が大きく、工事費、維持管理費等は、事業の収益で賄われることが多い。事業収益だけでは足りない場合は公的資金が投入される。	三峡開発総公司、昆明滇池投資有限責任公司	
	工程管理局	公共性の強い、事業の採算性の確保が困難な事業の管理組織。中国では政府機関と会社の間にある「事業単位」に該当する。主な事業費、職員の給料は公共予算で負担することが可能であり、事業の収益は、維持管理費・職員給料、又は一部の投資資金の返済に当てることも可能である。	坝塘水庫工程管理局、漁洞水庫工程管理局、柴石灘水庫工程管理局、魯布格工程管理局	○
弁公室		既存の組織の中で設立したプロジェクトを管理する組織であり、法人資格を持たない。既存組織の中の職員が兼任するケースは多く、プロジェクトが終わると、解散するのは一般的である。	長江・珠江上流水土保持プロジェクト弁公室	

1) 開発総公司

採算性の取れる事業、もしくは収益の大きい事業で採用されている組織形態であり、法人の資格をもつ組織である。大きな事業の組織として三峡開発総公司、云南省事業の組織として昆明滇池投資有限責任公司の事例がある。その共通の特徴は、事業

による収益が大きいことである。例えば、三峡開発総公司は三峡ダムの事業主として設立された国务院直轄の開発公司であり、主な収益は三峡ダムによる発電、供水、養殖等の収入である。昆明滇池投資有限責任公司は昆明市近郊にある滇池の水質改善事業の事業主として設立された昆明市管轄の開発公司であり、主な収益は下水道の料金収入である。以下に開発総公司の一例として、滇池投資有限公司の事例を紹介する。

滇池の水質改善を行うために、中国政府と海外融資機関と共同で38億元の投資を行い、事業実施する予定である。その事業実施組織として、滇池投資有限公司の設立が中国發展改革委員会に許可されている。許可書の中で事業組織について以下のように規定されている。

項目法人について、同事業の実施にあたって、昆明市政府により昆明滇池投資有限責任公司（国有独資公司）を設立し、事業法人（項目法人）として、資金の管理、工事管理等を行う。なお、融資については、昆明市が返済責任を持つ。

2) 工程管理局

公共事業等で最も多く採用されている組織形態であり、収益の少ない事業、公共性の強い事業ではほとんどの組織形態が採用されている。雲南省では、近年の事業として坝塘水庫工程管理局、漁洞水庫工程管理局、柴石灘水庫工程管理局等がある。また、中国で最初の外資（世界銀行）による公共事業である魯布格水庫事業でも魯布格工程管理局が設立され、工事の実施から供用後の管理まで行っている。

組織の特徴は、政府機関と会社の間にある「事業単位」に該当し、組織運営の経費は、予算からも事業の収益からも賄うことが可能であることである。また、工事実施段階では工程管理局、事業管理段階では管理局と組織の名前が変更されることもある。以下工程管理局の一例として漁洞水庫工程管理局の事例を説明する。

漁洞水庫（雲南省昭通市、1998年に供用）は雲南省最大の水利プロジェクトであり、その事業を行うために、漁洞水庫工程管理局が設立され、工事の管理等を行った。2001年にダムの完成に伴って、漁洞水庫工程管理局は漁洞水庫管理局に変更され、ダムの管理、用水の管理等を行うようになった。組織の設置について、昭通市機構編成委員会文件昭編「2001」1号に以下のように規定されている。

- 漁洞水庫工程管理局から漁洞水庫管理局に変更し、漁洞水庫管理局は昭通市水利局管轄の事業単位とする
- 組織の編成は60名とし、局長1名、副局長相当4名とする。
- 組織構成については、管理職は局長、書記、副局長、副局長とし、部門は弁公室、水庫管理处、技術処、経営開發処、灌区管理处、資産財務処とする。
- 各部門の構成、人数については、小さな組織・高い効率との原則の基で、漁洞水庫管理局は組織構成案を作成し、昭通市水利局及び昭通市主管市長の審査を経て正式に発足する。

3) 弁公室

広範囲、長期間に行う集中度の低い事業、管理・指導・教育を主な目的とする事業等で採用される組織形態である。既存組織の中の職員が兼任するケースは多く、プロジェクトが終わると、解散するのは一般的である。また法人資格を持たない組織である。この形態の組織事例として、『主報告書 基本計画編 5.2.3 基本計画の計画目標年および開発レベル』で説明した世界銀行融資プロジェクトの『云貴

鄂渝四省(市)水土保持流域治理項目(Changjiang/Pearl River Watershed Rehabilitation Project)』 弁公室がある。組織の特徴は、既存組織の中で設置され、職員も既存組織の中の職員が兼任することである。また、大規模な事業の場合、地域の首長が責任者を兼任するケースは多い。適用される事業の特徴としては、広範囲・長期間に事業が実施されるが、年間・月間の事業量は比較的小さい。そのため、組織の年間・月間業務量が比較的小さく、兼任でもできる。

上記世銀プロジェクトでの弁公室の概要は以下の通りである。中央政府では中央項目協調弁公室(水利部内)、中央項目執行弁公室(長江水利委員会内)、プロジェクトの対象省である雲南省・貴州省・湖北省・重慶市の4省市およびこれらの省内の37関係県では項目管理弁公室がそれぞれ設置されている。プロジェクトは4省市の37県の広範囲に渡るため、多くの弁公室が設置されているが、弁公室の職員は兼務であり、専属の職員は少数の事務員に止まる。雲南省の世界プロジェクトの項目弁公室は雲南省水利庁水土保持処の中に設置されており、すべての職員は水土保持処の職員である。

4) 本事業での組織形態

上述のように、事業の組織形態として、開発総公司、工程管理局、弁公室の3種類があるが、小江の事業特性から、本基本計画の実施機関として小江工程管理局(仮称)を設立することとする。それは以下の理由による。

- 本基本計画では、工事期間中の事業量は計24億元にも上る大規模なものである。また工事完了後の維持管理も重要であるため、法人資格の持たない、職員が兼任である臨時組織の弁公室は適しないと言える。
- 一方後述するように、収益は農地開発等に限られ、ここから事業費を返済をすることは難しい。したがって開発総公司も本事業に適しないといえる。
- 本事業の主な目的は土石流の防止と自然環境の修復であり、事業の公共性が高い。そのため、工程管理局は本事業に最も適しているといえる。工程管理局の事例としては、雲南省最大の水利プロジェクトである漁洞水庫事業(雲南省昭通県、1998年に供用)では漁洞水庫管理局、宜良県で2002年に完成した柴石灘水庫では柴石灘水庫管理局が、さらに小江流域で現在工事中の坝塘水庫事業(工事中)では坝塘水庫工程管理局がそれぞれ設立され、事業の計画、工事管理、運営を行っている。

9.2.2 完成後の運用管理も行う半恒久的組織

工程管理局を事業の実施(工事建設)の管理までを行う一時的組織とするのか、それとも完成後も作った施設等の運用・管理も行う半恒久的な組織とするのかという問題がある。

工事完成までの一時的組織の場合は、完成した施設を既存組織に引き渡し、一時的組織は解散となる。その後の運用・管理は既存組織が行っていくことになる。引渡し先は施設等の種類に応じて、水務局、林業局、国土資源局、農業局などになる。半恒久的な組織の場合は、完成後も実施組織が引き続き運用管理を行うことによって事業の効果が充分発揮されることを期待するものである。

表 R 9.2.2 一時的組織と半恒久的組織の特徴

組織		長所	短所	採用
一時的組織	事業の完成まで	<ul style="list-style-type: none"> 小さな政府を目指す国家の方針と合致。 	<ul style="list-style-type: none"> 多分野の事業の運用・管理の一体化、総合化が確保されにくい。 実施（工事）からの運用・維持管理への継続性がない。 	
半恒久的組織	完成後も運用・管理を行う	<ul style="list-style-type: none"> 多分野の事業の運用・管理の一元化、総合化が確保される。 実施（工事）から運用・維持管理への継続性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 小さな政府を目指す国家の方針とは合わない。 ある程度の財政的自立が求められる。 	○

それぞれの組織について得失があるが、本調査では以下の点を重視し、完成後も引き続き運用管理を行う半恒久的組織を採用する。ただし、組織が大きくなり過ぎることを防ぎ、既存の機関のノウハウを活用するために、構造物の維持管理や森林の保護管理、予警報システムの維持管理、群測群防の強化支援の実質的業務は既存組織に外部委託（アウトソーシング）する。工程管理局は、それらの委託業務が的確に行われるように管理を行う。

- 小江流域の土砂災害対策と自然環境修復に関わるの問題は、農業、林業、水利、国土資源、貧困問題、地域整備等多分野に及ぶ複雑な問題であり、一体的・総合的に取り組んでいくことが最も重要である。したがって施設等の完成後も新組織が関係機関と調整を図りながら一元的・総合的に取り込んでいくことこそ事業の効果を高める最も良い方法である。
- 大規模な事業であり、砂防ダム、予警報システム等高度な管理が必要な施設も多い。そのため、同じ組織が工事の実施から維持管理まで一貫性を持って行うのは、施設の安全の確保、効率的な管理にも重要である。
- 現状既存組織には、1) 専門組織の欠如、2) 組織間の連携の不足、3) 予算の不足、財源の不安定性という問題があり、完成した施設等を既存組織に引渡してもこのような問題から十分な効果が期待できないおそれがある。
- 基本計画事業の実施は 2006 年から 2020 年までの約 15 年間にも及ぶ長期にわたるものであり、完成までの一時的組織といえども実質的には半恒久的な組織である。
- その 15 年間で、順次サブプロジェクトが完成し、直ぐ運用・維持管理の業務が発生する。完成後に既存組織に引き渡す方式では、その移管手続きが煩雑である。
- 工程管理局の組織形態を採用する事業のほとんどは、永久的・半永久的な組織としている。以上で引用した事例のうち、坝塘水庫工程管理局 は工事中であるため、永久にするかどうかは未定であるが、既に供用されている漁洞水庫と柴石灘水庫のいずれも永久組織としている。また、中国で最初の外資（世界銀行）による公共事業である魯布格水庫でも、永久組織として、魯布格工程管理局が設置され、現在でも水庫の管理を行っている

9.2.3 必要最小限の機能をもつ小さな組織

組織を設立する場合、大きく分けて、主な業務内容は組織内で行う形態と、必要最小限の機能を持ち、アウトソーシングできる内容はアウトソーシングで対応する形態の 2 つ

が考えられる。小さな政府部門を目指す行政改革の流れに沿って考えれば、小江流域の新組織は必要最小限の機能だけを持ち、アウトソーシングできる業務はできるだけ外部委託する小さな組織とすべきである。小さな組織にすれば、経費の節約、効率の向上にも寄与することになる。

この場合、工程管理局の主な業務内容は、委託業務・委託工事の管理、流域の管理となり、計画、調査、設計、工事、施設、森林、予警報システム等の維持管理、は既存組織へできるだけ外部委託する。

表 R 9.2.3 内部業務と外部委託の分類

工事段階	組織内の業務	外部委託
計画・調査段階	計画の作成、審査 事業資金の申請、調達 関係機関との調整	現地調査・測量 施設設計、植林計画の作成等 事業計画の作成（国際援助、外部委託）
工事段階	工事の計画 工事の発注及び管理 工事資金の管理	砂防施設の建設工事の実行 植林等環境修復工事の実行 扇状地の開発工事の実行
維持管理段階	維持管理計画の作成 維持管理業務の発注及び管理 資金の返済	砂防施設の維持管理（水務局、国土資源局） 植林の維持管理（林業局） 開発農地の経営管理（村民委員会） 予警報システム機器保守（専門業者） 群測群防強化（国土資源局）

()：想定される外部委託先。

アウトソーシング方式を採用することは、単にコストの運営コストを縮減するだけでなく、既存組織との良好な関係の維持、既存組織のノウハウの活用、地域住民の収入の向上等にも寄与するものである。例えば、林地の維持管理は林業局の、農地の経営管理は村民委員会の、砂防施設の管理は水務局、国土資源局もしくは東川泥石流防治研究所の専門分野であり、植林の維持管理、農地の経営管理、砂防施設の管理をそれぞれ林業局、村民委員会、水務局・国土資源局・東川泥石流防治研究所に委託すれば、それらの組織の収入増に寄与する一方、小江工程管理局にとっても効率的な管理が図れる。

アウトソーシング方式自体は、現在でも水土保持林の管理に多く採用されている。これまで小江流域の土石流対策の中で、多くの農地、植林地、魚の養殖池が開発され、その農地、植林地、魚の養殖池はほとんどアウトソーシング方式で管理されている。例えば開発された農地、魚の養殖池は農家にリースするという方法で、植林地は地元の人と森林保護員としての契約を結んで年間の保護活動費を支払って植林の管理をしてもらう方法で管理されている。したがって今後小江流域の関連施設、農地、植林の管理でもアウトソーシングによる管理が可能だと考えられる。

9.2.4 職員の種類

計画、工事、管理の各事業段階において業務内容、業務量が異なるため、必要な職員の人数、種類も異なる。効果的な業務執行、管理経費の削減、効率的な組織運営を図るために、組織の職員は正式な職員、関係部門からの出向職員、臨時職員に分けて、事業の段階ごとの必要に応じてそれぞれの人数・規模を決めるものとする。それぞれの職員の役割は以下のとおりとする。

表 R 9.2.4 職員の種類及び役割

区分	役割
正式職員	事業の計画から工事、管理まで参加し、事業の管理に中心的な役割を果たす。
出向職員	水利、農業、林業等の関係機関の支援を得て、出向の形で事業に参加する職員。それぞれの部門の専門家として事業に関わるとともに、関係機関との調整を行う。
臨時職員	工事段階で、工事の管理等多数の職員が必要となるため、必要に応じて、臨時職員（契約職員）を募集し、正式職員・出向職員の補助をする。

このような正式職員、出向職員、臨時職員が混在する職員形態は既存の組織の中でも多く見られ、制度上の問題はないと考えられる。

まず出向について、多くの新事業の組織の立ち上げ時は職員のほとんどが出向職員となっている。例えば、東川泥石流防治研究所は設立当初、云南省からだけでなく、全国の土石流関係機関からの出向者で構成されていた。現在東川区で工事中の坝塘水庫の職員の多くは東川区水務局、民生局からの出向である。

また、臨時職員については、新事業の組織だけではなく、ほとんどの組織の中で存在する。中国の公的組織における職員は一般的に領導（管理職）、正式在編人員（正社員）、合同制人員（契約社員・臨時職員）に分類され、設立時に正式な政府文書によってそれぞれの職員の人数枠が決められている。

従って、小江工程管理局の中で正式職員、出向職員、臨時職員の混在方式を採用するのは、事業段階に応じた職員の変動に対応できるとともに、中国現行の職員採用方法にも合致するものである。

9.2.5 組織の行政レベル・級、既存組織との関係

小江流域の広域性、多自治体に跨る特性から、雲南省が基本計画事業実施の主体になり、新組織、小江工程管理局（仮称）は省政府直轄（水利庁）の組織とすることが望ましい。また流域内の区・県との円滑な調整を図るために、小江工程管理局（仮称）は区・県と同レベルもしくはそれ以上のレベルの機関にすべきであり、組織の長は処長・県長もしくは副局長の格とする。

この工程管理局と既存組織との関係については以下のとおりである。

雲南省水利庁、国土資源庁、林業庁、農業庁、気象局などの省級上級機関は、資金、人材、政策等の支援を行う。この中でも雲南省水利庁は工程管理局の監督官庁として、管理責任を負う。

また、流域内3区県は、開発の直接受益者であり、多面から工程管理局を支援する必要がある。3区県の関係機関（水務局、林業局、国土資源局、農業局、気象局等）から出向等の形で工程管理局に人材を派遣し、技術的な支援を行うとともに、区県との円滑な調整を図る。

東川土石流研究所は長年小江流域の土砂災害問題に取り組んできており、多くのノウハウを蓄積している。これらのノウハウ及び経験を十分に生かすためにも、この研究所を工程管理局の管理下に置くものとする。

また小江流域の土砂災害対策や自然環境修復、さらに地域開発、副産物利用などの多方面において技術開発が必要であり、成都山地災害研究所や雲南省地理研究所などの研究機関との連携を図る。

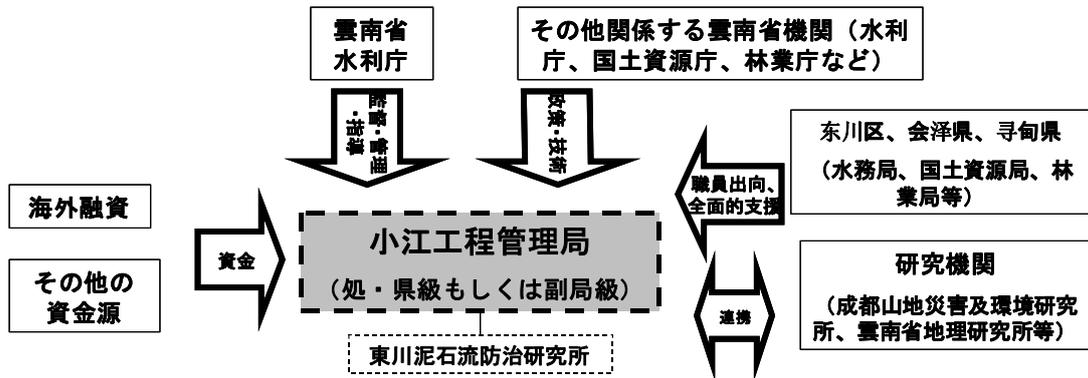


図 R 9.2.1 基本計画の実施体制

中国では、横断的な事業を行うときに、上下および横の組織が連携して横断的な組織を設立する事例が多く見られる。例えば、長江流域の水土保持を推進するために、1988年に長江上游水土保持委員会が設立された。同委員会は、流域内の省（四川省、湖北省、雲南省、貴州省）、国家水利部、発展改革委員会、農業部、国家林業局、財政部、国土資源部、国務院貧困弁公室、中国科学院、長江水利委員会の長及び関係者が参加する横断的な組織である。

東川区内の横断的な組織の事例として、東川国家級生態功能保護区管理委員会がある。同委員会は、雲南省環境保護局、昆明市政府および東川区政府が共同で設立した組織であり、東川区環境保護局及び周辺県の環境保護局と連携しながら、東川区及び周辺の生態環境保全を行うこととしている。これらの事例から、小江の管理でも関係機関との連携を図りながら、横断的な組織の設立は可能だと考えられる。

9.2.6 組織設立のプロセス

事業実施にあたっては、事業の管轄機関である云南省水利庁から云南省発展改革委員会・国家発展改革委員会へ事業申請を行い、発展改革委員会より許可することになる。許可書の中に、事業内容、資金ソース、事業組織は規定されているため、その許可書に基づいて、資金の調達、組織の設立を行うことができる。

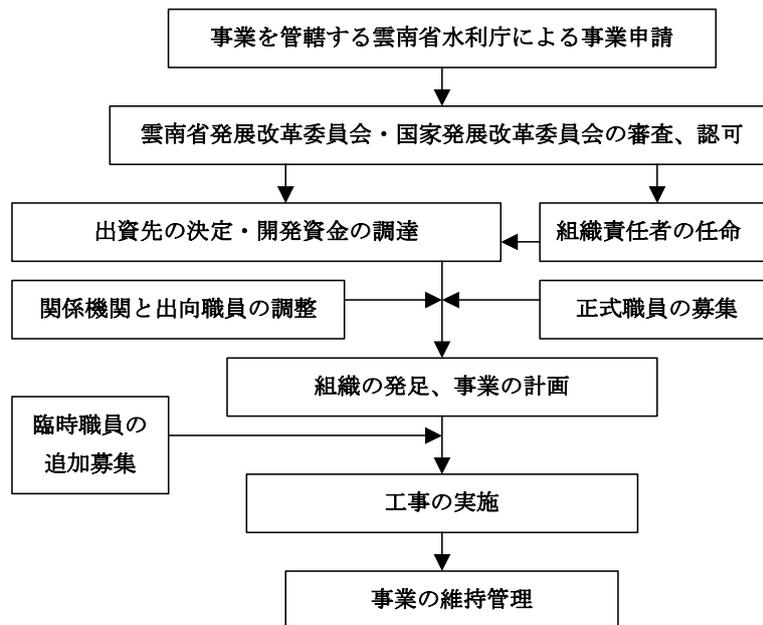


図 R 9.2.2 新組織設立の手順

滇池水質改善事業を例にして見ると、組織設立のプロセスは以下の通りとなっている。まず、昆明市はF/S調査を行い、F/S調査報告書をもって云南省発展改革委員会に許可申請を行う。云南省発展改革委員会は、内部審査を経て、国家発展改革委員会に事業申請を行い、国家発展改革委員会より最終許可が下される。事業許可書の中で、事業目的、詳細な事業内容及び規模、投資額及び資金ソース、組織・事業法人が規定されている。事業許可書は、財政部、建設部、国家環境保護総局にも送付され、昆明市は、許可書を持って、事業の準備、組織設立の準備、出資先との交渉等を行うことができる。

9.2.7 組織の業務内容

小江流域の土砂災害対策および自然環境修復の問題は、農業、林業、水利、国土資源、貧困問題、地域整備等多分野に係わる複雑な問題であり、一体的・総合的に取り組んでいくことが最も重要である。また、一体的・総合的に取り込んでいくことこそ事業の効果を高める最も良い方法である。したがって工程管理局は土砂災害対策及び環境修復を基本的な目的としながらも、これらの対策を通して地域整備、地域開発に係わるべきである。

この視点から、工程管理局の業務内容は以下のように考えられる。新しい組織は、土砂災害対策だけでなく、流域の関わる問題を総合的に取り組む必要があるため、組織の業務内容は、事業の計画、開発資金の調達、プロジェクトの運営、工事の実施及び管理、扇状地の開発、完成後の管理、関係機関との調整とする。

また、各事業段階により業務内容は異なる。計画段階では調査・設計・計画、実施段階では工事の実施及び管理、実施後の運用管理段階では施設・造林地・扇状地・流域の管理、予警報システムの運用・管理、モニタリング等を行うものとする。

表 R 9.2.5 小江工程管理局の業務内容

名称	小江工程管理局（仮称）		
管轄	云南省（水利庁）		
行政格	処・県級もしくは副局級		
目的	土砂災害の軽減、自然環境の修復、地域整備（貧困対策）		
役割	<ul style="list-style-type: none"> 土砂災害対策、環境修復、地域整備（貧困対策）の一体化推進、山・水・林・田・路の総合開発・一体化整備の実行。 事業計画から資金調達、工事の実施、完成後の管理まで事業の全過程の参与。 関係機関、関係自治体間の円滑な調整。 		
業務内容	計画・実施・運用管理	資金の調達・返済・管理	海外融資機関からのローンだけではなく、長江上流基金等各種の基金、環境保護団体からの寄付金等を調達し、効率的に使う。
	計画段階	事業計画の作成	調査・測量・設計を行い、事業計画を作成する。
	実施段階	プロジェクトの実施、工事の管理	優先順位、整備効果等を考慮しながら、プロジェクトを実施し、工事の管理を行う。
	運用管理段階	施設の維持管理、保護	完成した施設等（構造物、林地、棚畑、山腹工など）の維持管理、保護を行う。
		土石流対策による農地開発、開発地の管理	土砂災害対策により、扇状地等多くの開発可能な土地が利用できるようになる。これらの土地を開発し、管理を行う。
		予警報システムの運用・管理	予警報システムの運用維持管理を行う。災害の危険情報を関係機関に伝達する。
		群測群防支援	群測群防対象地域への財務、技術的な支援を行う。
	モニタリング	水土保持、造林地の育成状況について、空中写真または衛星写真などを基に5年毎にモニタリングを行う。	
	技術開発及び普及	ハザードマップ作成、水土保持モニタリング技術、環境修復技術、土石流技術、経営管理技術、副産物の加工、再利用技術等に関する研究活動、普及活動を行う。	
	訓練・技術支援	群測群防関係者、森林保護員への訓練、技術支援	

9.3 工程管理局の組織構成・規模

上記の業務内容、組織形態の考え方を踏まえ、組織構成、規模を検討する。組織構成の基本的な考え方は以下のとおりとする。

小さな組織、動的な組織

必要最小限の人員構成で、事業段階毎に業務内容の変更に応じて組織の構成・編成を変更する。

9.3.1 職員数の検討

組織の部門は、大きく資金・契約の管理、管理局内部の管理を行う管理部門と、砂防、環境修復、扇状地及び経済林開発の計画・工事・運用管理を行う技術部門に分けられる。そのため、組織の機能部門は、管理部門と技術部門の2つに分けることとする。

また、実施段階によって、部門別の必要な人員が異なるが、組織内の人員調整及び職員の出向・帰任の調整により対応するものとし、組織の再編はしない。次表に各段階における、業務内容別の必要な職員数を積算した。

表 R 9.3.1 小江工程管理局に必要となる職員数

事業段階及び 業務内容 業務内容の区分	計画段階	工事段階	維持管理段階
	総務、経理、予算、砂防・植林等に関する調査、事業計画の作成	総務、経理、予算、砂防・植林等の工事の実施及び管理	総務、経理、施設・植林・農地等の管理、予警報の管理
管理局全般（局長）	1	1	1
技術全般（副局長）	1	1	1
事務全般（副局長）	1	1	1
総務一般	2	2	4
経理	2	2	
事業資金の管理（予算、契約）	4	6	
事業計画の作成	砂防	4	
	植林	4	
	その他	4	
工事の実施管理	砂防		6
	植林		6
	その他		6
施設の維持管理		6 (6) [*]	6
農地の管理			
植林の管理			
技術開発及び普及			
予警報システムの運営管理			3
群測群防の技術支援		(3)	2
計	23 正式=18、出向=5	(2) 31(42)	18 正式=18

*）工事の後期段階では一部の施設・植林は整備されており、それらの管理が必要となる。（）内の数字は工事の後期段階で必要な管理職員である。

小清河の水を東川市街地まで導水する坝塘水庫プロジェクトが現在施工中であるが、それを管理する坝塘水庫工程管理局の職員は10数人である。当小江流域の基本計画事業は、この水庫プロジェクトに較べれば規模が大きく、事業内容も多彩であることから、極力アウトソーシングを図るとしても事業段階に応じて、18～42人の職員が必要だと考える。

また、事業段階によって必要な職員の人数は変動する。最も多くなるのは工事段階であり、最も少ないのは、維持管理段階である。前述のとおり、必要な人員の変動は、出向、臨時職員で対応するものとし、正式職員の人数は一定とする。

類似事業の組織規模を見ると、事業によって変動が大きい。云南省最大の水利プロジェクトである昭通漁洞水庫では、管理局の職員人数は60人としており、組織の中では局長、書記、副局長、弁公室、水庫管理处、技術処、経営開発処、灌区管理处、資産財務

所を設けている。また、東川国家級生態功能保護区管理局では、13名の技術者、8名の保護区巡回人員としている。

9.3.2 事務管理経費

職員の人数は上記で検討した段階毎の職員数とする。事務所面積については、10m²/人を目安に総面積を300m²とする。従って、事務所費用は以下のとおりとなる。

管理の人件費については、昆明市の平均年収21,560元/年（2002年、電力・ガス・水業界の平均値）から、物価の上昇を加味して、人件費の原単位を年25,000元/年とする。事務所費用については、事務所を新築するものとし、東川区の建物単価1000元/m²（ヒアリング結果）に基づいて計算する。また事務費については、人件費の20%とする。

表 R 9.3.2 事業段階別の事務管理費用

区分	計算	費用（元）
初期費用（事務所建設費）	=300m ² ×1000元/m ²	300,000（元）
計画段階（人件費と事務経費）	=23人×25,000元/人×1.2	690,000（元/年）
工事段階（人件費と事務経費）	=31人×25,000元/人×1.2	930,000（元/年）
管理段階（人件費と事務経費）	=18人×25,000元/人×1.2	540,000（元/年）

上記の費用を工事費・維持管理費として計上し、経済分析に考慮する。

9.4 財務計画の検討

本基本計画は防災・自然環境修復事業という公共事業からなっており、これらの事業から収益を上げることは難しい面がある。一方、いくつかの事業において、若干の収益が見込める可能性の持つものがある。

このような公共事業を司る小江工程管理局は基本的に税金投入により運営されるべきものである。しかし、公的負担を最小化し、また住民間の不公平感を是正するためにも、収入の見込める事業からは適当な料金を徴収することが望ましい。こうすることによって、財政的自立は無理でも、運営、維持管理費用の公的負担の一部軽減となる。

そこで以下では、まず収入の可能性について検討し、それらを考慮した上で、事業実施後の工程管理局の財務計画を概略検討する。

9.4.1 収入の可能性のある事業

現地での実績などから判断すると、今のところ確実に収入が期待できる事業は土石流対策と合わせた農地整備によって生まれる新規開発農地の農民への貸し出しだけである。基本計画では土石流対策と合わせて計約16,000畝（1,070ha）の農地開発を計画しており、1畝あたり300元のリース料が見込めるとすれば、年間約4.8百万元の収入となる。

この他にCDM（クリーン開発メカニズム）に基づく温暖化ガス取引や、造林、農地改良（傾斜農地の棚畑化）なども収益の可能性がないわけではない。しかしCDM（クリーン開発メカニズム）については、ODA資金流用を禁じている中国政府の方針もあって、現時点では海外融資機関からの融資を期待する本プロジェクトにはそぐわない。また、造林や農地改良（傾斜農地の棚畑化）については、工事への労働力提供という形で受益者負担が行われるのが一般的であり、開発後の収益の一部を徴収するという方式は採用されていない。

これらの事業についての収入の可能性について具体的に以下に説明する。

1) 農地開発

土石流対策の副産物として新たに農地開発が生み出される。緊急計画では計 1,300 畝 (87ha)、基本計画では計約 16,000 畝 (1,070ha) の新規農地開発を計画している。農地開発は、使用権の存在しない、現状において砂利川原となっている河川敷や扇状地を対象としているため、開発後に農民へ貸し出すことによって、工程管理局の収入とすることが可能であるし、これまで大橋河などでは実際に行われてきている。

このような土石流対策と合わせた農地開発を行い、農民へ貸し出しを行っている東川泥石流防治研究所に対するヒアリングによれば、リース料金は農地整備 (灌漑施設、区画整理、農道) の程度によって違うようであるが、平均的に約 300 元/畝/年である。

2) 造林

造林対象地の土地使用者は、経済林開発だけでなく一般の造林でも間伐材の売却などによって利益を上げることができる。その土地使用者からその利益の一部を工程管理局が徴収し、収入とすることが考えられる。

しかし、現地では苗は政府の提供であるが、住民が労働力を提供して造林を行うという方法で受益者負担が行われている。『10. 5.2 資金調達』で詳しく述べるが、前述の世銀プロジェクトや長江水利委員会による長江上中流水土保持重点防止工程等では、荒山草地造林や経済林造成などの材料購入は政府負担で、工事については住民負担ということで住民が労働力を投入することになっている。またワークショップ等でのアンケート結果を見ても、住民も労働力提供についてかなり好意的にうけとめているようであり、開発後料金を徴収する方法よりも、工事時に労働力を提供する方法の方が現実的と考える。

3) 農地改良 (傾斜農地の棚畑 (田) 化)

傾斜農地の棚畑化により、農地の保水効果が向上し、土壌が改良される。それによって価格の高い農作物の栽培ができるようになるとともに、面積あたりの産量も増加する。また、傾斜農地では降雨の少ない年での収穫ができないのに対して、棚畑化農地ではほぼ毎年収穫できるようになり、棚畑化により収穫できる年数も増えると考えられる。このように、農地改良による増収効果が大きいと考えられる。ある研究論文では、傾斜農地の棚畑化による増収効果は 65%以上とされている (東川土石流防止研究論文集、P128)。

これらのことから、改良農地に対してある程度の料金徴収も合理的であると言えるが、上記の造林と同様に、工事での労働力提供という形での住民負担が一般的である。ワークショップ等でのアンケート調査でも、半数近くが無償の労働力提供を好意的に考えており、農地改良後の料金徴収よりもこのような労働提供の方が現実的と思われる。

4) 植林による温暖化ガス減少量の売却

2005 年 2 月 16 日に京都議定書が発効し、地球規模での温暖化対策がいよいよ本格的に始まろうとしている。そんな中、EU 域内等では排出権取引市場が形成され、市場による排出権取引は可能となった。今後国際的な市場が形成すれば、これを利用して小江流域での造林による温暖化ガス削減量を企業等に売ることも考えられる。

温暖化ガス取引価格は3～25 ドル/t-co₂と大きく変動しているが、2005年12月におけるEU域内の市場価格は21.65 ユーロ/t -CO₂である。温暖化ガスの販売価格を3ドル/t-co₂とすれば、育成林の炭素吸収量の原単位は1.77t /haとされていることから、温暖化ガスの取引原単位は $3 \times 44/12 \times 1.77 \times 8/15 = 10.4$ 元/畝となる（1ドル＝8元、1 t-C=44/12t-co₂、1 ha=15 畝）。

しかし現在の京都メカニズムの枠組みの中で中国が参加できるのは、京都議定書で温暖化ガスの削減が割り当てられた先進国と間のCDM(クリーン開発メカニズム)だけである。しかし中国政府はCDMに対しての政府開発援助(O DA)資金の流用を禁止しているため、事業実施資金として海外援助融資機関からの融資を期待する本プロジェクトには適用できないという問題がある。将来的にこのような枠組みがどのようになるかは不明であるが、本調査では、参考として温暖化ガス排出権取引から可能な収益額を計算するが、確実な収益としてはそれを見込まないものとする。

9.4.2 工程管理局の運営維持管理費用

事業実施後の維持管理段階における工程管理局の費用の主なものは、すなわち、工程管理局事務所の管理費、構造物、森林、予警報システムの維持管理費用、群測群防強化費用等である。

9.4.3 収益と費用の比較

以上の考え方及び原単位に基づいて、小江工程管理局の収入と費用の比較を表 R9.4.3 のように行った。その結果は以下のとおりである。

小江工程管理局の年間維持管理費が1,194 万元に対して、現実的に徴収可能な収入額は農地開発による480 万元のみであり、維持管理費を大幅に下回る。そのため、事業の公共性から、税金の投入等公的資金による補助を行うこととし、組織設立する段階で公的資金による補助を行える制度を確立するものとする。

この考え方は既存の組織の中でも多く存在する。現在東川土石流防治研究所は事業による収入と政府からの補助金で組織を運営している。また、漁洞水庫管理局、柴石灘水庫管理局の職員給料は政府予算で賄っている。

基本計画の投資額24 億元に対する融資の償還については、基本計画編の7.4.6 償還能力の検討で述べたように、最大年間1.4 億元にも上り、工程管理局の収益からの返済はとても難しい。政府予算からの返済が必要となる。海外融資機関からの融資と政府投資により、実施の準備を行っている昆明市滇池水環境改善プロジェクトでは、昆明滇池投資有限責任公司により建設、管理等を行うが、融資の返済責任は昆明市にあるとされている。

表 R 9.4.1 工程管理局の収入と費用の比較

項目	数量	原単位	収益/費用 (千元/年)	備考	
収入	農地開発	16,000 畝	300 元/畝・年	4,800	開発面積は、SPOT 衛星写真から推定、基本計画編 P6-10 を参照
	経済林	59,000 畝	-	0	
	農地改良	270,000 畝	-	0	
	計			4,800	
参考	CDMによる収益	845,000 畝	10.4 元/畝・年	8,788	
維持 管理費	土石流対策構造物 維持管理費	5 億元	0.30%	1,500	総事業費は、基本計画検討の結果であり、基本計画編 P7-19 を参照する。維持管理費の総事業費に占める割合は、維持管理費の概算結果である。
	植林維持管理費	12 億元	0.50%	6,000	
	管理局管理費 (人件費等)			540	組織検討の結果であり、本節の上段を参照する。
	予警報システム	5 億元	0.30%	1,500	総事業費は、基本計画検討の結果であり、維持管理費の総事業費に占める割合は、維持管理費の概算結果である
	群測群防			2,400	4 優先小流域の群測群防経費の積算結果から流域面積比で全流域の費用を推定したものである
	計			11,940	

第10章 プロジェクト実施計画の作成

10.1 副産物利用計画

緊急プロジェクトの実施により派出する利用可能な副産物として農地および農産品が上げられる。土石流を克服して豊かな農地開発を実現した大橋河の例にならない、豆腐沟および桃家小河で土石流対策に合わせた農地開発を計画している。また造林により発生する樹木・葉、果物などの利用や、豊かな自然環境の創出も副産物と考えられる。これらの副産物を有効に利用することにより貧困対策および地域振興の一助とすることも、当地域の課題の一つである。

10.1.1 農地開発

地形が急峻で、まとまった農地が限られる当地域にとって農地開発は非常に重要な課題である。とくに豆腐沟、桃家小河は东川区国土資源局の農地開発重点地域になっている。本調査では、土石流対策の実施により、豆腐沟で 1,000 畝 (67ha)、桃家小河で 300 畝 (20ha) の計 1,300 畝 (87ha) の農地開発を計画している。両地域とも対象となるのは、荒地同然に放置されている河川敷が対象であり、導流工建設に合わせて、圃場、農道、灌漑施設設備を実施する。開発後は、農民に土地を貸し出すことを想定している。

10.1.2 造林による副産物

本計画では 40km² の広大な地域の荒地草地に対して造林を提案しており、そのうち約 7%に相当する 2.8km² の地域には経済林の植樹を予定している。この広大な地域を造林することで、以下の副産物の可能性が生じる。

- 広大な荒地・草地での自然環境が修復されることで、当流域の元からある観光資源（紅土、景勝地、希少生物、少数民族など）との相互的活用により、観光開発の可能性が高まる。
- 広大な地域での造林によって生産される樹木の多くはエネルギーや建設資材として利用されるが、その他の利用として製紙工業の可能性や先の観光開発の一貫として木材を利用した民芸品の製作が考えられる。
- 自然環境の修復を通じて森林内で成長する多様なキノコ類、山菜、薬草類の生育・栽培が可能になる。
- 経済林では下記の表に示すように胡桃の他石榴、柑橘類などが植樹される。これら経済林から主にはその果実がそのまま食用に利用されるが、その他それらを加工しての副次的産業（乾燥果物・酒・ジュース・カンズメなど）の起業の可能性が生じる。

表 R 10.1.1 水系砂防対策での造林計画

分類	樹種	豆腐溝 (3.52km ²)		乌龙河 (16.44km ²)		东川 (8.56km ²)		桃家小河 (10.98km ²)		合計 (39.5km ²)	
		樹種割合	樹林面積	樹種割合	樹林面積	樹種割合	樹林面積	樹種割合	樹林面積	樹種割合	樹林面積
		生態林	高山松	0	0	0	0.00	12	1.59	8	1.63
	華山松(70%)/旱冬瓜(30%)	0	0	10	0.77	6	0.69	7	0.83	23	2.28
	*雲南松(70%)/麻クスギ(30%)	8	0.68	58	5.97	31	3.48	30	5.39	127	15.51
	*新銀合歓(70%)/余甘子(30%)	5	0.71	13	1.99	2	0.26	0	0.00	20	2.95
	*坂柳(70%)/苦刺(30%)	6	0.88	14	2.01	5	0.59	1	0.19	26	3.67
	苦棟(70%)/膏桐(30%)	3	0.51	11	2.05	2	0.18	1	0.19	17	2.93
	*? 楊	3	0.03	6	0.54	1	0.07	2	0.71	12	1.35
	小計	25	2.81	112	13.32	59	6.85	49	8.95	245	31.93
経済林	花椒	3	0.11	1	0.05	4	0.09	1	0.16	9	0.41
	板栗	2	0.11	2	0.08	0	0.00	1	0.17	5	0.36
	胡桃	5	0.02	4	0.17	8	0.48	3	0.35	20	1.02
	石榴	1	0.01	10	0.45	4	0.07	0	0.00	15	0.53
	柑橘類	2	0.03	9	0.38	4	0.05	0	0.00	15	0.46
	小計	13	0.28	26	1.14	20	0.69	5	0.69	64	2.79
薪炭林	聖誕樹(70%)/相思(30%)	5	0.26	29	1.29	14	0.92	7	0.67	55	3.14
	坂柳	4	0.16	17	0.69	3	0.11	0	0.00	24	0.96
	馬桑	0	0	0	0.00	0	0.00	12	0.68	12	0.68
	小計	9	0.42	46	1.97	17	1.03	19	1.35	91	4.77
	計	47	3.52	184	16.44	96	8.56	73	10.98	400	39.50

10.2 事業実施工程計画

小江流域の土砂災害対策および自然環境修復基本計画の目標年次は、日本国独立行政法人国際協力機構と中国雲南省水利庁とで交わされた協議議事録(2003年11月12日付)に記されているとおり2020年である。

本報告書で検討の対象としている緊急プロジェクトは、この全体基本計画の中で緊急計画としての位置づけられており、目標年次は2010年とする。

下表に示すとおり、2007年に設計/工事を開始し、2010年までにすべての事業を終了する工程とする。

表 R 10.2.1 緊急計画事業実施工程

プロジェクト名	2007	2008	2009	2010
1. 豆腐溝流域土砂災害対策及び自然環境修復				
2. 乌龙河流域土砂災害対策及び自然環境修復				
3. 东川区市街地流域土砂災害対策及び自然環境修復				
4. 桃家小河流域土砂災害対策及び自然環境修復				
5. 雨量テレメータを利用した予警報システム				

10.3 運営管理計画・人材育成計画

10.3.1 運営管理計画

緊急プロジェクトの運営・管理については、第9章 小江工程管理局設立プロジェクトで述べたように小江工管理局の責務となる。

その骨子は、計画、調査、設計、工事管理、施設、森林、予警報システム等の維持管理、は既存組織へできるだけ外部委託するとし、工程管理局は、財務管理、委託業務・委託工事の管理、流域の管理となる。

10.3.2 人材育成計画

本プロジェクトは基本的には多くの関係機関、住民が関わるマンパワーに依存したプロジェクトである。それだけにプロジェクトの成否は、関わる人間の技術、モラルなどに大きく関係しており、人材育成は非常に重要なものになっている。

人材育成の対象としては、小江工程管理局職員、関連機関（水務局、林業局、国土資源局、東川泥石流防治研究所など）の職員、および群測群防責任者や森林保護員などの当プロジェクトのために現場の最前線で働く住民代表、そして受益者である住民がいる。そこで以下のように4つのグループに分けて、人材育成計画を作成した。

表 R 10.3.1 小江緊急プロジェクトの人材育成計画

対象	人材育成の目的	研修項目	育成方法
小江工程管理局職員	管理能力の向上 技術の向上	入札図書作成、積算方法、施工管理方法、施設の維持管理方法、予警報システムの運用方法、ハザードマップ作成方法、モニタリング方法、災害発生後の現場調査、分析方法、透過型砂防えん堤の堆砂状況の観測、乾熱河谷での造林・育成方法など	<ul style="list-style-type: none"> • 日々の業務での OJT(オンザジョブトレーニング) • 外部の委託、施工業者によるトレーニングの実施
関係政府機関職員	管理能力の向上 技術の向上 他の機関との交流	同上	<ul style="list-style-type: none"> • 工程管理局への出向 • 日々の業務での OJT(オンザジョブトレーニング) • 外部の委託、施工業者によるトレーニングの実施
群測群防責任者、森林保護員	技術の向上 モラルの向上	観測機器の保守・使用方法、情報伝達方法、災害の予兆現象、避難誘導方法など	<ul style="list-style-type: none"> • 施工への参加 • ワークショップの実施 • 避難訓練の実施
住民	防災意識の向上 環境保護意識の向上	間伐方法、幼林育成保護方法、禁止すべき森林破壊活動、情報伝達方法、住民への宣伝方法など	<ul style="list-style-type: none"> • 施工への参加 • ワークショップの参加 • 避難訓練などへの参加

基本的に職員の育成には、日々の業務でのオンザジョブトレーニングが中心になる。また施工現場はまさしく教育訓練の絶好の場所・機会であり、コンサルタントや施工業者への発注、委託業務の中に、トレーニングプログラム（例えば予警報システム機器の保守点検方法など）を組み入れ、実物体験を通じての能力の向上を図る。関係政府機関職員は交代で小江工程管理局へ出向することにより、他機関出身者と交流する機会が増え、機関間での調整が容易になる。

群測群防責任者や森林保護員には、まず施工に参加してもらうことが肝心である。これは彼らへの収入源にもなるし、技術・モラルの向上、また防災意識、環境保護意識の向上にも繋がる。その他ワークショップへの参加、避難訓練などを通じても育成が図られる。

10.4 概算事業費

「第3章 優先小流域緊急プロジェクトの基本方針」で述べた方法により各流域別、対策別に算出した概算事業費を下表に集計する（内訳は表10.4.1参照）。なお、積算にあたっては2005年1月時点の物価及び外貨交換レートを適用している。外貨交換レートは、1US\$=8.2865 中国人民元=102.44 日本円である。また、物価上昇予備費は、年率2%の物価上昇率として算出している。

表 R 10.4.1 優先小流域緊急プロジェクト概算工事費集計

単位：千元

プロジェクト名	2007	2008	2009	2010	計
1. 豆腐沟流域土砂災害対策及び自然環境修復	8,044	12,860	3,172	3,171	27,247
2. 乌龙河流域土砂災害対策及び自然環境修復	10,310	17,673	17,673	17,673	63,329
3. 东川区市街地流域土砂災害対策及び自然環境修復	8,436	16,872	16,872	16,871	59,051
4. 桃家小河流域土砂災害対策及び自然環境修復	8,623	15,201	9,065	9,065	41,954
5. 雨量テレメータを利用した予警報システム	1,265	1,265	0	0	2,530
計	36,678	63,871	46,782	46,780	194,111

* 物価上昇予備費を含まない。

表 R 10.4.2 優先小流域緊急プロジェクト概算事業費集計

単位：千元

プロジェクト名	2007	2008	2009	2010	計
1. 豆腐沟流域土砂災害対策及び自然環境修復	8,369	13,647	3,433	3,501	28,950
2. 乌龙河流域土砂災害対策及び自然環境修復	10,727	18,755	19,130	19,512	68,124
3. 东川区市街地流域土砂災害対策及び自然環境修復	8,777	17,905	18,263	18,627	63,572
4. 桃家小河流域土砂災害対策及び自然環境修復	8,971	16,131	9,812	10,008	44,922
5. 雨量テレメータを利用した予警報システム	1,316	1,342	0	0	2,658
計	38,160	67,780	50,638	51,648	208,226

* 物価上昇予備費を含む。上記工事費に物価上昇予備費を加算した費用が事業費。

10.5 事業実施計画

10.5.1 実施体制

事業の実施については第9章 小江工程管理局設立プロジェクトで述べたように、小江工程管理局が関係機関と協力、支援を得ながら、実施するものとする。

10.5.2 資金調達

事業実施資金については、海外融資機関からのローンを主とするが、昆明市、曲靖市、云南省、中央政府などからの資金を調達をもできるだけ調達する。さらに、長江上中流水土保持重点防止工程等や世銀プロジェクト同様に造林と傾斜農地の棚畑化については工事に対する労働力提供による住民負担（受益者負担）を考える。この結果、総事業費208,000千元の約15%を公的負担（政府負担）から減じることが可能となる。

1) 住民負担（労働力提供）の実例

造林対象地の土地使用者は、経済林開発だけでなく一般の造林でも間伐材の売却などによって利益を上げることができる。また棚畑化により、農地の保水効果が向上

し、土壌が改良される。それによって価格の高い農作物の栽培ができるようになるとともに、面積あたりの産量も増加する。したがって造林や棚畑化は土地使用者は受益者が明確であり、相当の住民負担を求めるのが合理的である。その住民負担の方法としては、現金収入が少ない貧困地域であることから、一般的に工事への労働力提供という形で行われている。自分の土地で自ら工事することは、オーナーシッ
プの面からも、維持管理技術の習得のためにも望ましいことである。

長江上中流水土保持重点防止工程は 1999 年より長江水利委員会によって行われている。小江流域近傍では会澤県が重点地域となっており、傾斜農地の棚畑化、小型貯水池建設、造林（水土保持林、経済林）バイオガス、省エネかまど、水路建設、封山育林、砂防えん堤・谷止め工建設などが実施されている。次表に 2005 年の事業予算を示すが、全体予算約 500 万元の内、中央・地方政府の補助金は全体の約 35%に過ぎず、住民による労働力投入は 65%に上っている。つまり砂防えん堤・谷止め工建設などの比較的大規模な土木工事については全額政府の補助金で請負方式で実施されるが、それ以外は材料については政府の補助で提供されるが、労働力は住民の負担となっている。

表 R 10.5.1 会澤県長江上中流水土保持重点防止工程 2005 年予算

資金源	中央政府	地方政府	住民の労働力提供	合計
金額 (万元)	123.69	49.48	325.70	498.87
割合 (%)	24.8	9.9	65.3	100.0

一方、世界銀行融資プロジェクトの『云貴鄂渝四省（市）水土保持流域治理項目 (Changjiang/Pearl River Watershed Rehabilitation Project)』においても住民負担が行われる予定となっている。このプロジェクトの雲南省における事業費は総額 4,000 万米ドルであるが、そのうち住民負担（労働力提供）は約 800 万米ドル（約 20%）を占める。雲南省水利庁によると、荒山草地造林、経済林造成などにおいて材料提供は政府の負担、植え付けなどの作業は住民負担になるそうである。

2) 造林および棚畑化への住民の参加意欲

下表は第 2 章で説明した林業ワークショップでのアンケート結果の一部であり、造林と傾斜農地の棚畑化に対する住民負担（労働力提供）に対する住民の参加意欲についてまとめたものである。これを見ると、流域毎の違いは小さく、総じて造林については「無償で労働力を提供してもいい」とするものが 63~82%と「有償とすべき」とするもの 18~36%を大きく上回っている。逆に傾斜農地の棚畑化については、「有償とすべき」が 45~67%で「無償で労働力を提供してもいい」の 29~48%を上回っている。これは棚畑化の方が地形の改変を伴う重労働となるためと推定されるが、このような調査で 1/3 から半数の人が「無償で労働力を提供してもいい」としていることから、住民に切迫した事情、強い意欲があることがうかがえる。

以上からこのような労働力提供という住民負担は住民に充分受容される可能性がある
と判断される。

表 R 10.5.2 造林と棚畑化に対する住民の労働参加意識

単位：(%)

作業	労働提供	林業ワークショップでのアンケート結果				
		豆腐沟	乌龙河	东川市街地	桃家小河	平均
造林	有償	18	36	18	22	24
	無償	82	63	73	78	74
棚畑化	有償	45	67	60	55	57
	無償	48	29	38	44	40

3) 造林および棚畑化での住民負担費用

上記のように住民が造林および棚畑化に労働力提供という形態で負担した場合の金銭的価値を概算する。

まず造林については、表 3.3.2 に示すような工種のうち、整地、植栽、養護、育成の 4 工種とする。その単価は代表的生態林である華山松、云南松など例を参考に 220 元/畝とする。その結果 4 優先小流域全体で造林面積は 39.5km²(59,200 畝)であるため、約 13,000 千元となる。

一方、棚畑化については約 50%が材料費を除く人件費となる。したがって棚畑化の単価は 1,530 元/畝であるので、労働力提供はその半分の 765 元/畝となる。その結果 4 小流域全体では 16.7km²(25,000 畝)であり、19,100 千元となる。

両事業合計では 32,000 千元で、総事業費 208,000 千元の約 15%に相当する。すなわち、労働力提供という形で住民負担を求めることによって、総事業費の 15%、政府負担を減じることができる。

第11章 プロジェクト評価

11.1 経済評価

表R10.2.1に示した実施工程に則して2007から2056年までの50年間の経済費用および経済便益を現在価値に換算し、それらを比較することにより、投資効果を検討する。

経済評価の指標としては、従来から開発プロジェクトの経済評価に使われている内部収益率EIRRを用いることとする。その経済評価の機会費用としては、基本計画検討と同じく、5～8%を用いることとする。

11.1.1 緊急プロジェクトの便益

経済評価に先立ち、以下に基本計画および緊急プロジェクトの経済便益の内訳を示す。この表には予警報システム、ハザードマップ、群測群防強化などの非施設対策の便益については、効果を金銭的価値で表すのは難しいため含まれていない。

表R11.1.1 緊急プロジェクトの経済便益

対策	効果	経済便益 (千元/年)				
		豆腐沟	乌龙河	东川市街地	桃家小河	合計
土石流対策	家屋・家財公共施設被害	673	26	3,620	324	4,643
	農作物被害	22	9	91	70	193
	人命損失被害	42	33	1,016	29	1,119
	間接被害	0	46	3,596	79	3,721
	小計	738	114	8,322	502	9,676
	農地開発効果	468			332	799
	小計	1,205	114	8,322	834	10,475
水系砂防	生産土砂抑制効果	393	1,752	503	1,136	3,784
	温暖化ガス吸収効果	246	1,097	547	757	2,647
	保水効果	110	492	245	340	1,188
	農地改良効果	108	1,418	196	405	2,128
	経済林生産効果	178	726	440	440	1,784
	小計	1,035	5,486	1,932	3,079	11,532
総計	2,240	5,600	10,254	3,913	22,006	

注) 水系砂防の便益は、造林した樹木が充分成長した後の効果である。

この他にも、緊急プロジェクトによって、金銭価値としては表現しにくいものの、以下のような効果なども期待できる。

- 安心感向上効果
- 土地利用の高度化効果
- 生物多様性の保護効果
- 景観向上効果

11.1.2 流域・対策別の経済評価

まず、流域別に土石流対策と水系砂防対策に分けて、経済評価を行った。詳細な計算過程は「付属報告書L 山腹緑化計画」社会経済/組織制度」に示すが、その結果は表R11.1.2のようにまとめられる。

表 R 11.1.2 流域・対策別の経済評価検討結果

項目		1. 豆腐沟	2. 乌龙河	3. 东川市街地	4. 桃家小河	合計
土石流対策	事業費（単純合計）（千元）	15,700	1,436	41,086	9,944	68,166
	事業費（現在価値）（千元）	11,642	1,113	28,108	7,373	48,236
	便益（単純合計）（千元）	57,814	5,581	387,623	40,025	491,043
	便益（現在価値）（千元）	11,654	1,193	72,056	8,068	92,971
	便益費用比率 B/C	1.00	1.07	2.56	1.09	1.93
	純経済価値 B-C（千元）	13	80	43,948	695	44,736
	内部収益率 IRR	8.01%	8.65%	19.85%	8.82%	15.19%
水系砂防	事業費（単純合計）（千元）	11,606	64,670	17,330	33,172	126,778
	事業費（現在価値）（千元）	7,624	42,483	11,384	21,791	83,282
	便益（単純合計）（千元）	45,994	246,752	85,864	137,110	515,720
	便益（現在価値）（千元）	7,701	42,614	14,377	23,079	87,771
	便益費用比率 B/C	1.01	1.00	1.26	1.06	1.05
	純経済価値 B-C（千元）	77	132	2,993	1,288	4,489
	内部収益率 IRR	8.08%	8.02%	9.92%	8.45%	8.42%
合計	事業費（単純合計）（千元）	27,306	66,107	58,416	43,115	194,945
	事業費（現在価値）（千元）	19,266	43,595	39,492	29,164	131,517
	便益（単純合計）（千元）	103,808	252,333	473,487	177,135	1,006,763
	便益（現在価値）（千元）	19,356	43,807	86,433	31,147	180,742
	便益費用比率 B/C	1.00	1.00	2.19	1.07	1.37
	純経済価値 B-C（千元）	90	212	46,940	1,983	49,225
	内部収益率 IRR	8.04%	8.04%	16.89%	8.54%	10.91%

注) 現在価値の基準年は2005年。割引率は8%。

上表を見ると、4 優先小流域全てにおいて、土石流対策、水系砂防対策の内部収益率とも 8%を上回り、経済的に妥当であると判断される。また東川市街地流域の土石流対策の内部収益率は 20%弱で、最も大きくなっている。この高い内部収益率は人口・資産・都市機能が集中する東川市街地の防護が重要であることを反映している。

11.1.3 緊急プロジェクト全体の経済評価

1) 経済評価

上記の計算結果を用いて、緊急計画プロジェクト全体の経済評価検討結果を下表にまとめる。この表には費用に、予警報システム、群測群防強化、環境管理、工程管理局の費用を加えたケースの計算結果もある。詳しいキャッシュフローを表 11.1.1 に示す。

緊急プロジェクトの内部収益率は 10.91%、予警報システムなどの費用を加えても 10.09%であり、中国における治水関連公共事業の機会費用 8%（「漢江中下流区間洪水予警報計画調査、JICA,1992.7」より引用）もしくは中国の環境保全事業で予想される水準である 5%内外（「中国四川省安寧河流域造林計画調査、JICA, 2002.7」より引用）を上回っており、事業は経済的に妥当であると判断される。

表 R 11.1.3 緊急プロジェクト全体の経済評価

項目	費用		便益		内部収益率 IRR	純経済価値 NPV B-C (千円)	便益費用 比率 B/C
	単純合計	現在価値	単純合計	現在価値			
	(千円)	(千円)	(千円)	(千円)			
1. 豆腐沟	27,306	19,266	103,808	19,356	8.04%	90	1.00
2. 乌龙河	66,107	43,595	252,333	43,807	8.04%	212	1.00
3. 东川市街地流域	58,416	39,492	473,487	86,433	16.89%	46,940	2.19
4. 桃家小河	43,115	29,164	177,135	31,147	8.54%	1,983	1.07
緊急プロジェクト全体 (土石流対策+植林)	194,945	131,517	1,006,763	180,742	10.91%	49,225	1.37
緊急プロジェクト全体 (予警報、群測群防、環境管理、工程管理局費用など含む)	240,880	144,271	1,006,763	180,742	10.09%	36,471	1.25

注) 現在価値の基準年は2005年。割引率は8%。

2) 感度分析

上記の経済評価では 10%以上の内部収益率が得られ、その経済的妥当性が確認できたが、その計算の基となる費用や便益にはいくつかの不確定要素を含んでいる。例えば、土石流対策と水系砂防対策において負の影響（経済評価を下げるもの）をもたらすものを上げると、下表のようになる。

表 R 11.1.4 費用・便益に悪影響を及ぼす要素

対策	便益の減少	費用の増大	
		事業費の増大	維持管理費の増大
土石流対策	<ul style="list-style-type: none"> 土地利用の低下（資産減） 過疎化による人口減 	<ul style="list-style-type: none"> 人件費の高騰 材料費の高騰 詳細設計によって住民移転などの補償が必要であることが判明した場合 	<ul style="list-style-type: none"> 気象変動などによる土石流発生頻度増による砂防えん堤の土砂除去費用増 人件費の高騰
水系砂防	<ul style="list-style-type: none"> 土壌条件、気象条件などによる樹木の活着率の低下、発育の遅れ 温暖化排出権取引価格の低下 	<ul style="list-style-type: none"> 人件費の高騰 材料費の高騰 	<ul style="list-style-type: none"> 土壌条件、気象条件などによる樹木の発育不良による維持管理費用増 人件費の高騰

このような不確定要素個々の変動幅や発生確率を設定するのは非常に難しいものがある。そこで、費用については0%、10%、20%増、便益については0%、10%、20%増の3ケースを想定し、それぞれの組み合わせについて下表に示すように内部収益率を計算し、感度分析検討ケースとする。

表 R 11.1.5 感度分析検討ケースと内部収益率

検討ケース		費用の増加（事業費と維持管理費）		
		0 %	10 %	20 %
便益の減少	0 %	10.09 %	9.97 %	9.17 %
	10 %	9.08 %	9.00 %	8.25 %
	20 %	8.02 %	8.00 %	7.30 %

費用 20%増かつ便益 20%減のケースは内部収益率が 7.30%までに落ちるようである。その他のケースではすべて 8%以上となっており、この程度の変動であれば、治水関連公共事業の機会費用 8%を確保できることが判明した。

1 1. 2 財務能力評価（償還能力検討）

緊急プロジェクトの総事業費は約 208 百万元であるが、前述したような住民負担（労働力の提供）により、公的な費用負担は 176 百万元となる。このうち約 90%は东川区内の事業となり、残り 10%は会泽県内の事業となる。一方で云南省水利庁及び东川区、会泽県は、その事業資金として海外融資機関からのローンを期待している。

従来方式に従えば、国家発展改革委員会の許可を得て、必要な資金を借款し、関係自治体が償還することになる。従って、小江流域の場合、借款の償還者は流域内の东川区、会泽県もしくはその上級組織の昆明市・曲靖市、云南省になる。一方、第 9 章で提案している小江工程管理局は融資の申請、管理、償還を代行することになる。

仮に 176 百万元の全額を償還期間 30 年、据え置き期間 10 年、金利 0.65%で借りた場合、表 11.2.1 に示すように、元利支払い合計額は約 198 百万元で 2019 年に最大で 9.9 百万元/年程度の償還が必要となってくる。この内 90%を东川区、10%を会泽県の負担とすると、それぞれ最大で 8.9 百万元/年、0.9 百万元/年の償還となる。以下、償還金の負担能力について、云南省、昆明市・曲靖市及び流域内の 3 区県の財政状況から検討する。

表 R 11.2.1 関係政府の財政状況

行政	人口 (千人)	国内総生産 (百万元)	財政収入 (百万元)		財政支出 (百万元)	
			1990 年	2002 年	1990 年	2002 年
云南省	43,331	223,232	7,742	20,676	9,076	52,689
昆明市	4,948	73,008	2,112	5,471	1,464	7,433
东川区	302	746	17	40	44	251
曲靖市	29,855	24,440	825	1,840	712	3,750
会泽県	897	3,172	54	247	80	588

出典：云南統計年鑑 2003、云南省統計局編、中国統計出版社

下図は东川区分の償還スケジュールを示したものである。10 年間の据え置き期間を過ぎた 2016 年から急激に償還額が増え、2019 年に最大 8.9 百万元となる。その後の微減し、2036 年から急激に減り、2039 年に償還が完了する。

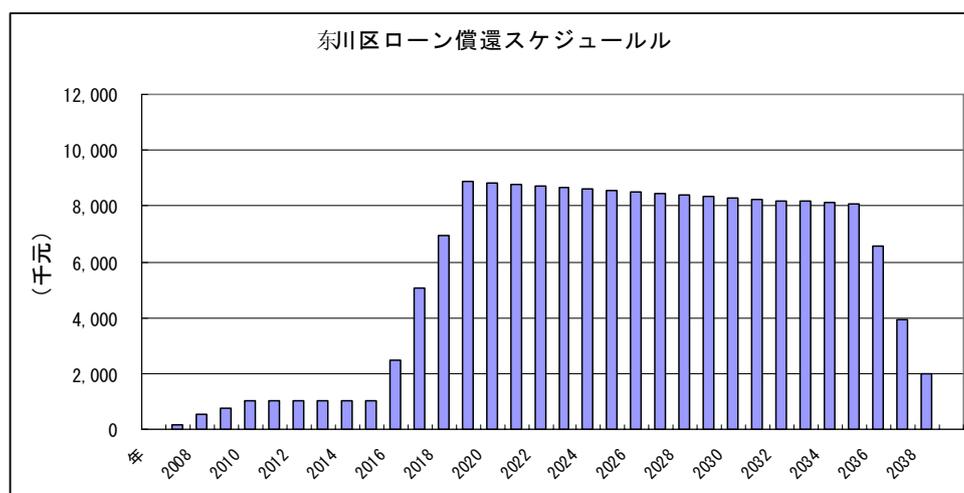


図 R 11.2.1 东川区ローン償還スケジュール

一方財政状況を見ると、上級政府からの補助金等を含めたいわゆる区政府が使える資金である財政支出は2002年で251百万元であるが、1990年からの伸びを見ると12年間で5.7倍に増えている。もしこのペースで順調に伸びていくものとする、2002年の17年後となる2019年には8倍の2,008百万元に達することになる。この2,008百万元から8.9百万元の償還額をみれば、わずか0.4%に過ぎないことになる。したがって今後も地域経済が順調に伸びて行くなれば、この負担は東川区にとって決して償還不可能な数字ではないと思われる。しかし、それでも東川区にとっては大きな負担であることには変わりなく、上級機関である昆明市や雲南省、または中央政府の財政支援が望まれる。

会澤県は比較的財政規模が大きく、一方で負担額は小さいため、東川区と較べて有利である。例えば2002年の財政支出588百万元に対し、最大償還額0.9百万元は0.2%に過ぎず、今後の経済発展をも考えれば十分にまかなえるものと推定される。しかし健全で安定した財政を持続していくためには、東川区同様に上級機関（曲靖市、雲南省、または中央政府）の財政支援が望まれる。

海外融資プロジェクトの返済機関の例として昆明市西山区の滇池北岸水環境改善プロジェクト（38億元の総事業費の50%は海外融資機関からの融資）がある。このプロジェクトは国家発展改革委員会により許可され、現在、事業実施の準備中であるが、融資返済は昆明市によるものとされている。このような例に倣えば、本緊急プロジェクトについても、昆明市・曲靖市もしくは雲南省による負担あるいは部分的な負担は当然ありうる。

1.1.3 技術評価

基本計画編の「7. 5. 3 技術評価」で述べたように、本調査では基本的に現地（小江流域）現存する技術を踏襲する方向で計画作りを行っている。したがって、緊急プロジェクトのほとんどは問題なく、現存する技術で充分効果を発揮するものと思われる。

その中で、地すべりおよび急傾斜地崩壊のハザードマップ作りや透過型砂防えん堤については、そもそも日本での長年の観測、調査研究、施工実績などの経験を通して開発、改良されてきた技術であり、小江流域にそのまま適用できない部分があることも十分想定される。したがって中国側においても、観測データ、調査研究、施工経験を蓄積し、小江流域の特性により合うように改良を図っていくことが重要である。

技術的留意事項について下記に整理する。

1) ハザードマップ

「2. 3 ハザードマップの作成」で述べているように、急傾斜地崩壊および地すべり警戒区域の設定はいずれも日本の「土砂災害防止に関する基礎調査の手引き、平成13年6月、財団法人砂防フロンティア整備推進機構」の方法に倣って設定している。たとえば急傾斜崩壊の判定として斜面勾配30°を用い、下流側へ危害の及ぶ区域を最大幅で50mに設定している。また地すべり警戒区域を地すべりブロック末端から最大幅250mに含まれる区域としている。また土石流危険区域についても、日本で開発された火山泥流の解析モデル（2次元浅水流・不定流）を適用して氾濫区域の推定を行っている。

これらのこれらの手法は日本において長年にわたって観測、分析を行ってマニュアルとして整備されたものであり、そのまま小江流域に適用できるかという問題がある。災害発生後の調査結果データ（発生時刻、降雨データ、崩壊・地すべり・土石流氾濫エリア）があれば、その検証を行うことができたが、そのようなデータは残

っていないため、土石流氾濫計算に小江流域で観測された土石流の濃度データを用いた外は基本的に日本のマニュアルをそのまま活用してハザードマップを作成せざるを得なかった。このようなマニュアルはそもそも今後も観測・分析を行って随時改定されていく性格のものであり、小江流域においても、今後、観測、分析調査を行い、そのデータを基にまず今回作成した広域ハザードマップの検証を行い、必要ならば修正、さらには独自のマニュアル作りをしていく必要がある。

2) 透過型砂防えん堤

土石流時、洪水時の土砂捕捉効果の観点から、本検討では日本の新しい技術である透過型砂防えん堤（コンクリートスリット型）を中心とした構造物対策を提案している。この透過型砂防えん堤が土石流を捕捉するためには土石流による透過部の閉塞が維持されなければならない、スリット幅が広すぎた場合、土砂がえん堤を通過してしまう危険性がある。一方、スリット幅を小さくしすぎた場合、えん堤により流水がせき上げを起し、土石流先頭部に含まれる石礫が透過部に達しないため透過部が閉塞せず、巨礫を含まない後続流がえん堤を通過するなど土石流の捕捉効果が十分に発揮できないことも考えられる。

このように、土砂災害に対する保全対象の安全を確保するためには、えん堤透過部の設計技術が非常に重要となる。本検討においては、検討溪流につき1箇所（400m区間）の巨礫粒径調査を行い、日本での実験・観測結果から導かれた実験式等によりスリット幅および鋼製横棧間隔を決定している。今後、実施設計の際には、日本の最新技術情報を参考にするとともに、砂防えん堤計画地点上下流各200m区間の巨礫調査及び水理模型実験を行い、スリット幅とえん堤によるせき上げ、スリット幅と開口部の閉塞の関係について十分な検討を行い設計を進める必要がある。さらに、えん堤完成後は、えん堤の堆砂状況についての観測を定期的実施し、スリット幅とえん堤の土砂捕捉量等に関するデータを用いて設計法に改良を加えていくことが重要である。これらの成果を蓄積することにより、小江流域独自の設計技術の確立が可能となる。

施工に関しては、特に高度な技術を必要とはしないが、施工現場の地形条件が厳しく大型土木機械の搬入が困難なため、簡易機械及び人力主体の作業となる。このことから、骨材粒度試験、含水比試験、スランプ試験など十分な頻度の品質管理試験を実施し、コンクリート強度等の品質のばらつきを抑えることが重要である。

3) 山腹工

山腹工は崩壊地やガリーでの浸食・崩壊を防止するものである。小江流域では従来の造林は無林地の造林化に重点が置かれ、より費用のかかる崩壊地やガリーの対策は後回しにされてきた経緯がある。しかし本調査では、崩壊地やガリーの拡大を抑えることも重要であると考え、山腹工の実施を提案したところである。この山腹工は編柵工、竹筋工、むしろ伏工、土工および植林が中心であり、工事事態は現地にある伝統的技術で十分対応可能である。また近隣の四川省安寧河流域で実施中のJICAプロジェクトである「四川省造林プロジェクト」において、山腹工の試験施工が実施中であり、このプロジェクトと交流することによっても技術移転が可能である。この試験施工で実施上の問題として挙げられた、山腹工に使用する適当な木材がなかったため竹を利用していることで、その他については特に問題として指摘されていない。（この地方で、山腹工が使われていなかったのは、技術的問題よりも経済的な問題から、従来崩壊地に山腹工のような対策を施してまで造林する必要性の認識が乏しかったことが考えられる。）

4) 厳しい自然条件下での造林技術の開発

標高が 1500m以下の地域での造林樹種は、現地での実績をもとに坂柳、苦刺を選定しており基本的にはここでの造林に対して大きな技術的問題はない。ただ、いわゆる乾熱河谷とよばれる厳しい自然条件の下ではこれらの樹種が十分育成しない場合も考えられる。こうした状況に対して、十分モニタリングをするとともに、育成が困難な場合については、リュウゼツランなど更に乾熱河谷に対して耐久性の強い樹種を選定することで対応はある程度可能と考える。

11.4 環境/社会配慮

11.4.1 総合評価

本プロジェクトは、土石流と地すべりなどの被害に巻き込まれる可能性のある脆弱な環境に居住している世帯を、民族に関わらず等しく受益対象として設計した土砂災害対策及び環境修復事業である。受益者は東川区市街地流域の都市住民、商業施設、農民、さらに農家が主体である乌龙川流域、豆腐沟流域、桃家小河流域の世帯である。本事業の実施により、災害の発生および生態環境の悪化に起因する地域経済の停滞と、さらにそれに伴う森林破壊と流域の荒廃という土砂災害・自然環境劣化の悪循環を断ち切り、上記受益者の生活基盤を安定させ、長期的な経済の成長軌道を歩む素地が強固にされる。

当該地域は、これまで森林破壊により狼、豹などの大型野獣がほぼ絶滅し、黒首鶴の飛来も激減したと言われている。本事業の実施により、水土保持機能が回復し、森林植生が回復するため、将来、既に当該地域では存在が確認されなくなった動植物の回復も期待できる。このように本事業は経済面のみならず、自然環境面で著しい改善効果が期待される。

しかし、建設工事期間、事業実施段階において、限られた範囲ではあるが、負の環境影響が発生することが本環境影響評価調査から判明した。但し、それらはいずれも甚大な影響ではなく、通常行われている環境対策あるいは当該地域で伝統的に行われている対策を採用することによって緩和される。

本調査で提案された事業は、慎重な検討の結果、いずれもカテゴリ B とすることが適切と判断された。以下にカテゴリ分類のために事業の基礎情報を再整理して分類の根拠を述べる。また代替案の検討結果をまとめて示す。

1) カテゴリ分類及びその理由

a) 4 優先小流域の土砂災害対策および自然環境修復プロジェクト

本事業のカテゴリ分けの提案に際しては、非自発的住民移転、少数民族、森林植生、生物多様性、ダムの安全性について評価を行った。その結果、4つの緊急プロジェクトはいずれもカテゴリ B と分類することが適切と判断された。

非自発的住民移転：東川市街地流域の下流域は人口稠密地帯であり流路工工事により、河川兩岸の土地収用のために住民移転が発生する可能性があった。しかし F/S 段階の設計で水路の拡幅は行わないものとし最終的には住民移転を回避した。すなわち本 F/S では現地踏査及び 1/5,000 平面図に基づいた検討で、計画断面の水路深さを調整することによって設計流量に対して十分な流下能

力を確保することが可能となり水路の拡張を避けた。これによって本 F/S 段階で住民移転は回避された。

少数民族: 優先流域内の全村民委員会に対するアンケート調査によると 92% が漢族であり、他は彝族、回族、布依族などの少数民族である。东川市街地の碧谷鎮起嘎は布依族が、乌龙郷の店房小組 は回族が主体の小組²であるなど、少数民族は特定の村落に集中しているという特徴が確認された。本事業の受益者は特定の民族に偏ったものではなく、優先流域に居住する全ての民族を対象とした事業として設計されている。また F/S 段階では、造林の樹種選定段階で住民の意向に配慮するなど、これら住民の意向やニーズを可能な限り反映させた事業形成を行った。

森林: 造林コンポーネントは対象面積の広さという観点では、提案される事業コンポーネントのうち最大である。植林対象地域は荒山草地及び崩壊地など土壌浸食に曝されている地域である。植林の樹種は、村落地域において参加型ワークショップを開催することにより選定を行い、住民の意向を考慮した。さらに現地植林専門家が経済林のみに偏ることのないよう、現地の植生及び自然環境などの条件に配慮し複数の樹種を選定し樹種の多様性を図った。驾车山松自然保護区は会澤県南部・烏蒙山脈西部に位置するが、本優先事業地域とは異なる流域に属することが確認された。優先事業地域内には、国家級、省級、県級のいずれの保護地区も存在しない。

生物多様性: 両棲類の一種である *Paa yunnanensis*³ (云南トゲガエル) は中国南西部全域、ベトナムからミャンマーに至る広大な地域に生息しており、事業地域内にも生息の可能性がある。しかし①環境影響評価の一環として行った現地踏査及び聞き取り調査では生息が確認されなかったこと、②生息範囲は日本の国土面積よりも広い範囲であるが本緊急プロジェクトで影響が現れる可能性がある地域は乌龙流域及び东川市街地流域の砂防えん堤建設予定地など点的であり、生息地域と比較して、影響の程度は限定的であり甚大な環境影響ではないと判断された。また優先小流域及びその周辺には 7 種の国家 II 級重点保護動物が生息しているとされているが、緊急プロジェクト地域内における生息は確認されなかった。植林事業は、苗の生産と移植が主要な活動であるが、これら活動と鳥類への影響には直接的な因果関係はない。本事業は、長期的には森林面積の拡大により営巣地を確保し、また間接的に餌となる鼠、野生ウサギ、トカゲ、蛙類、昆虫などの増加も期待され、保護鳥類の個体数増加に貢献する。

ダムの安全性: 本事業で計画されている砂防えん堤はいずれも高さ 15m 未満であり、世銀の環境政策 OP 4.37, 2001, Safety of Dams に規定される Small Dam に該当する。F/S の設計では根入れを 2.5m 程度としており、今後、ダム技術者が通常のダム安全性に関わる設計を実施すれば安全性は確保される。

その他: 緊急プロジェクト地域内には、湿地、未開拓の森林などの脆弱な自然生態系は存在しない。考古学的に重要な地域、歴史的価値のある地域、あるいは文化遺産などの地域は存在しない。相当規模の開発に曝されている地域ある

² 小組は村民小組を指し、各村の村民委員会が村民の居住状況により形成する小グループのことである。本地域の行政組織は、①雲南省、②昆明市・曲靖市、③东川区・寻甸県・会泽県と階層化されており、県及び区の下にさらに郷鎮政府があり、郷鎮の下にさらに村がおかれている。

³ IUCN の Red List of Threatened Species 2004 に記載されている両棲類 (カエル) のひとつ。リストに記載されている生物は流域内では本種のみ。本種は中国においては食用に供され、ありふれた生物であるが、Red List では Endangered (EN A2acd) と分類されている。1941 年の Bourret による報告では、中国では海拔 1500 から 2950 m の地域に生息しているとされており、特に鬱蒼と茂った森林や草地である高所山岳地帯の岩がちな小河川に生息している場合が多く、しばしば小河川の苔の生えた岩に身を潜めている。

いは天然資源を巡って紛争が発生している地域ではない。貴重な水産資源、鉱物資源、医用植物、優良農地などのある地域にも相当しない。

b) 洪水予警報システムプロジェクト

提案された防災情報センター、雨量観測局、土石流観測局などの施設は、公共機関の建物内部、土砂災害対策として提案された砂防施設等に併設して建設される計画となっている。これを前提とすれば、環境への直接的影響は限定的である。本洪水予警報システムのプロジェクトは施設建設を伴うものであり、さらに土砂災害対策と同時の事業実施が実現されない場合も考慮し、カテゴリ－Bに分類することが適切と判断した。

2) 代替案の検討結果

F/S 期間における代替案の検討では、対象となる溪流ごとに、①「導流工+床固め工」あるいは②「砂防えん堤+流路工」の技術的代替案について、氾濫計算を繰り返すことによって、ゼロオプションを含めた比較検討をおこなった。その結果、以下に述べるように烏龍河流域の土石流対策は、当初、地域内の6溪流に対していずれも砂防えん堤と流路工の建設が提案されていたが、大箒沟を除く5溪流の計画が棄却され、その後さらに大箒沟の対策も砂防えん堤及び流路工の案は棄却され、最終的には大箒沟に対し導流工及び床固め工を建設する代替案が採択された。それ以外の土砂災害対策は、いずれも同様の検討の結果、当初計画された案が採択された。

また砂防えん堤の構造は、検討の結果、人的被害を回避するために最下流部は不透過型の構造を採用する一方で、上流部の砂防えん堤にはスリット型の構造が採用された。これによって可能な限り溪流の連続性が保たれ、土砂の供給量の変化また生物移動空間の非連続化などの環境影響は最小化した。なお不透過型砂防えん堤も、上流からの土砂の流出を完全に堰きとめる働きをするものではなく、新しい土砂が供給されれば、過剰な土砂は次第に下流に流れる仕組みとなっており、長期的には土砂の蓄積と流出のサイクルを繰り返すことになる。

表 R 11.4.1 代替案検討一覧表

事業	前提条件	ゼロオプション	プロジェクト代替案	
			検討手順	検討結果
豆腐沟流域対自然環境修復プロジェクト	比生産土砂量が最も高い(62,700 t/km ² /年)地域である。	土砂流亡は継続し山岳地帯の植生破壊はますます進み、生物多様性は一層貧弱になる。農業生産性の持続性が確保できず、長期的には環境の悪化により居住できなくなる。ゼロオプションは自然環境に与える影響が甚大であり、不採択とした。	豆腐沟及び豆腐沟北支沟に対して、以下の代替案について、氾濫計算を繰り返すことにより検討した。 ① 砂防えん堤＋流路工 ② 導流工＋床固め工	代替案①(砂防えん堤)では、代替案②(導流工)に比較して施設規模も大きい。本流域のように人口密度が低い地域では、景観、施設建設後の地域交通への影響などが相対的に大きくなる。経済的側面の検討結果も含め豆腐沟及び豆腐沟北支沟に対して、床固め工3基及び導流工を建設する案(代替案②)を採用した。
烏土策然プロジェクト	烏龍鎮下流部の跑馬村と店房村の烏龍河流域は、広大な農耕地が扇状地上に広がっており、地域経済の中心である東川区の主要な食料生産基地として機能している。烏龍街などの商業地域も分布している。	上流からの土砂流入により1)農業生産が阻害され、2)道路交通の寸断により農産物の流通が著しく阻害される等の影響が現れ、東川区における食料価格、特に主食である米の価格が高騰するなど地域社会に与える影響は甚大である。豆腐沟流域と同様に山岳地帯の植生破壊は継続し、生物多様性は一層貧弱になる。そのためゼロオプションは自然環境に与える影響に加え、社会環境に与える影響が甚大であり、不採択とした。	豆腐沟流域と同様に土砂災害対策として各流域に対し以下2つの代替案を比較検討した。 ① 砂防えん堤＋流路工 ② 導流工＋床固め工 本流域には6溪流(冉家沙沟、薛家沟、老龙南支沟、大箐沟)があり、当初いずれの溪流も代替案①が提案され17基の砂防えん堤と流路工の建設が検討された。	6溪流のうち大箐沟を除く5溪流の15基の砂防えん堤と流路工(代替案①)は投資効率が劣ることが判明し、これらの代替案は棄却された。さらに大箐沟の2基の砂防えん堤と流路工も、投資効率及び住宅密集地に近いという地理的条件、それに伴う工事の影響などを検討の上、最終的には本案も棄却され、導流工を建設し床固め工を設置する代替案②が採択された。
東川市街地対自然環境修復プロジェクト	下流部は、東川市街区が分布しており、都市化の進んだ人口稠密地帯であり、地域経済の中心的位置を占めている。	土砂災害が発生すれば地域経済に長期的な影響を及ぼし、貧困撲滅のペースが衰える。これは地域の天然資源を過剰に利用することにもつながり、地域環境に負荷をあたえ、土壌流亡と森林伐採という、負のサイクルを拡大する。そのためゼロオプションは不採択とした。	住宅密集地であるため検討の過程で、極力住民移転が発生しないように標準断面を検討し、河川幅の拡幅を抑え、流路高さを確保することによって計画流量を確保した。さらに深溝及び石羊沟に対して以下の2つ代替案を検討した。 ① 砂防えん堤＋流路工 ② 導流工＋床固め工	河川断面を比較検討し、水路深さを確保することによって、水路拡幅を回避した。これによって河川沿いの住民移転を回避した。砂防えん堤は、流路工に比較して相対的に規模は大きくなるものの、土砂災害の地域社会へ与える影響を考慮して、砂防えん堤が必要と判断された。これに基づいた氾濫計算の結果、深溝に対し5つの流路工と14基のえん堤、石羊沟に対しては3つの流路工および9基のえん堤を建設する案(代替案①)が採択された。
桃家小河流域対自然環境修復プロジェクト	上流と下流とで行政区分が異なっており、包括的な砂防対策をおこなうことが難しい地域である。	行政区分が分割されるため、本プロジェクトが実施されない場合、抜本的かつ効率的な土砂災害対策は長期的にも実施されない。そのため地域の土壌・水などの生物資源の持続的利用の妨げとなり、長期的には環境の著しい破壊につながる。そのためゼロオプションは不採択とした。	他流域と同様に以下の2つの代替案を比較検討した。 ① 砂防えん堤＋流路工 ② 導流工＋床固め工	土石流氾濫計算の結果、桃家小河の下流部に導流工と床固め工を設置する案が最適と判断された。本計画の一部として提案された「小江工程管理局」は、行政界の壁を越え、総合的に小江流域の砂防対策を実施すると期待され、桃家小河流域は、この事業で形成される新組織を利用して、対策を実施することが環境保全の面からも重要である。

以下に各プロジェクトの環境評価を述べ、「11.4.6 環境管理計画」に本環境影響評価で提案された主な環境緩和措置を記す。

11.4.2 豆腐河流域緊急プロジェクトの環境評価

本事業地域の比生産土砂量（62,700 tf/km²/年）は4優先小流域中最も高い。このままの状況が続けば、山岳地帯の植生破壊はますます進み、生物多様性は一層貧弱になると予想される。本事業によって、上流および中流域で造林活動、谷止工が実施され、土壌および植生が安定すれば、上流域の農業生産の持続性も確保される。

提案されている土砂災害対策施設の建設は、最下流の大树脚村内に予定されている。大树脚村は、三家村北方に隣接する地域に導流工が既に建設されており、その両岸は農地として利用が進みつつある。しかし、対象3溪流から小江との合流点にかけては砂礫が一面に堆積する扇状地となっている。

本事業実施により導流工及び床固工が施行されれば、上流で発生した土砂は小江との合流点にまで安全に流下され、人的被害も回避され、さらには三家村北方と同様に導流工両岸において農地開発が可能になる。上記のように現在は、砂礫が一面に堆積する扇状地となっており未利用地であるため、本事業のための土地収用に伴う非自発的移住は発生しない。聞き取り調査から当該地域の土地は利用権の設定もされていないことが確認された。本砂防施設建設によって大树脚村に居住する278世帯約1,200人の漢族が直接的に便益を受け、これは本流域全人口の34%に相当する。

中流から上流においては、傾斜農地の棚畑化、造林、山腹工等が提案されている。自然環境が厳しく、造林樹種は灌木が主体となり短期的には経済林の急速な拡大は難しい。そのため他の流域に比較すれば、造林事業の経済便益は短期的には限られると予想されるが、土砂流亡が激しい故、造林の長期的な環境改善効果は甚大である。傾斜農地の棚畑化により、土地生産性および労働生産性が向上し、さらには栽培作物の多様化も可能になる結果、農業収入の増加に加え、交易条件の変化など外性変動に対し強い農家経済構造が構築され、非農業雇用機会の極めて限られている当該地域において、貧困撲滅に資すると期待される。その結果、本事業は長期的にも、自然環境に対する人為的環境負荷を低減することによって、環境改善に大幅に貢献する。これら事業コンポーネントの直接受益者には、主要な民族である漢族に加え、拖布卡鎮の小陷塘に居住する彝族1世帯5人、拖布卡鎮の安乐箐村居住する布依族11世帯45人も同様に裨益する。

本事業の、計画段階の事業の主要な影響としては、傾斜農地の棚畑化により、農地の境界が不明になり農民間での土地紛争が発生することが予測される。特に棚畑化が実施される上流域においては、少数民族の居住地もあり、歴史が長く漢族と文化的に既に統合されていると言っても、公平に事業便益を分配するよう注意が必要である。また、棚畑化により、肥沃度の高い表土が攪乱され、工事の後で土地生産性が低下することも予測される。

砂防施設建設による景観の変化に対しては、比生産土砂量が高く、土砂災害が頻発している地域であり、地域住民は砂防施設の必要性を十分認識していることが参加型ワークショップからも確認されており、景観変化の影響は甚大ではないと判断された。また、上述のように土砂流亡が激しい地域で山肌が露になっている箇所が多く、造林による景観の変化は著しい改善効果になると判断された。

砂防施設建設予定地である大树脚村には3世帯の牧畜農家があり、稀に牧畜農家が砂防施設建設予定地近傍を通過することがあり、施設建設により通行の障害になることが予測された。しかし、放牧農家は草場を求めて急峻な斜面を横に移動するケースが多く、岩や砂礫が堆積した扇状地部分は通行しないことが確認され、その影響は限定的と判断

された。導流工の標高は最高 1,141mであり、導流工建設予定地は云南トゲガエル(*Paa yunnanensis*)⁴の生息域には相当しないことが確認された。

上記評価結果をマトリックスとして以下にまとめた。なおマトリックス記入にあたっては、影響は甚大である場合は◎を、影響はあるが、緩和可能である場合は○を、分析の結果甚大な負の影響はない、あるいは影響が予測されたがF/S段階の検討で回避または最小化された場合は×を記入して評価結果を示した。なお評価の結果、明らかに影響がないと判断された場合は、空白としている。

表 R 1 1 . 4 . 2 豆腐沟流域プロジェクト環境マトリックス

項目影響要素表 豆腐流域プロジェクト			社会環境										自然環境										汚染対策										正の環境影響
項目組成	時期	事業活動	住民移転	経済活動、文化遺産	景観	少数民族	公共交通	社会群体的分割	ハザード(リスク)	其他社会影響	保護区	生態系	水象	地形・地質	動植物	跡地管理	其他自然環境	大気質	水質	廃棄物	土壌汚染	騒音・振動	地盤沈下	悪臭	其他汚染対策								
導流工+床固工	計画段階	設計	X																														
	施工段階	土地改変、空間占有					X			X																							
		機械の稼働、給油 残土捨て場・採石場				X									X	X																	
	運行段階	空間占有 施設運転			X				○																	◎							
傾斜農地の棚畑化	計画段階	設計		○																													
	施工段階	土地改変、空間占有		○																													
		残土捨て場・採石場																															
運行段階	空間占有 施設運転	X																								◎							
造林及び山腹工	計画段階	設計																															
	施工段階	苗生産																															
		苗移植														○																	
運行段階	空間占有 施設運転				X							X														◎							
谷止め工	計画段階	設計																															
	施工段階	土地改変、空間占有																															
		残土捨て場・採石場																															
運行段階	空間占有 施設運転																									◎							
ハザードマップ/群測群防	計画段階																																
	運行段階																									◎							

1 1 . 4 . 3 烏龍河流域緊急プロジェクトの環境評価

本事業地域は、人口密度 185 人/km²、比土砂比生産土砂量 7,100tf/km²/年と 4つの優先事業地域では人口密度、流域の荒廃度に関して中間に位置する流域である。しかし、烏龍鎮下流部の跑馬村と店房村の烏龍河流域は、その扇状地上に広大な農耕地が広がっており、東川区の主要な食料生産基地と位置づけられることから、上流からの土砂流入により 1) 農業生産が阻害される。あるいは 2) 道路交通が寸断され流通が阻害される。などの影響が現れれば、東川区における食料価格、特に主食である米の価格が高騰するなど地域経済に与える影響は甚大である。さらに本流域には、小規模ながらも烏龍街など

⁴生息域は、海拔 1500 から 2950 m の鬱蒼と茂った森林や高所山岳地帯の岩がちな小河川とされ、しばしば小河川の生えた岩に身を潜めているとされている。

の商業地域も分布していることから、砂防施設建設、特に大箐沟の砂防施設の建設は本地域にとって、重要な経済的意義を有している。

土石流対策としては、当初、跑马村の6つの溪流（冉家沙沟、薛家沟、老龙箐、李家湾沟、李家湾南支沟および大箐沟）に対して、砂防えん堤と流路工の建設を計画していたが、土石流氾濫解析を含めたフィージビリティ調査における分析では前5溪流で想定される土石流被害は比較的軽微であり、砂防施設投資は経済効率が劣ると判断されたため、これらの計画は棄却された。さらに、乌龙街を貫流している大箐沟に対しても同様に砂防えん堤と流路工の建設が提案されていたが、その後検討を重ねた結果、最終的には床固め工及び導流工を建設する案が採用された。なお本溪流自体、比較的流下能力が高く、追加的な土地収用は必要ないため、住民移転は発生しないと予想される。

床固め工の建設予定地は標高が1,600m程度であり、一般に云南トゲガエル(*Paa yunnanesis*)の生息地域は海拔1,500以上とされ、本種の生育下限地域に相当するため注意が必要である。しかし、本種の生息域は、日本の国土面積よりも広く、仮に影響があったとしても、影響の程度は限定的である。本地域においても、既に砂防えん堤と流路工が建設されており、住民は砂防施設の意義と必要性を十分認識しており、施設建設に伴う景観の変化については、十分な受容能力を有しているものと判断される。土砂災害対策の実施により、下流側の乌龙鎮店房村の店房、乌龙街、石羊村の小组を中心にして回族1,331人が土砂災害の被害から守られるなど直接的な便益を受ける。

中流から上流においては、傾斜農地の棚畑化、造林、山腹工等が提案されている。植林は、現地植林専門家が参加型ワークショップを通し、樹種の選定をしている。乌龙鎮と紅土地鎮の境界地域は、地元政府が紅土を活用した観光開発を志向していることが12月2日の本事業説明会において新たに表明され、今後の詳細設計など事業設計過程において、さらに詳細な調査を行った上で樹種選定を最終決定することによって本事業の経済便益はさらに向上すると期待される。傾斜農地の棚畑化により、土地生産性および労働生産性が向上し、さらには栽培作物の多様化も可能になり、貧困撲滅に大きく資すると期待される。特に本流域で最も平均世帯年収が低い乌龙鎮の大村子村および紅土地鎮の棚子村、大水井村においても造林や谷止工の実施により水土保持が図られ、長期的にも自然環境に対し、人為的環境負荷を低減し、環境改善に大幅に貢献する。

上記評価結果をマトリックスとして以下にまとめた。なおマトリックス記入にあたっては、影響は甚大である場合は◎を、影響はあるが、緩和可能である場合は○を、分析の結果甚大な負の影響はない、あるいは影響が予測されたがF/S段階の検討で回避または最小化された場合は×を記入して評価結果を示した。なお評価の結果、明らかに影響がないと判断された場合は、空白としている。

表 R 1 1 . 4 . 3 烏龍河流域プロジェクト環境マトリックス

項目影響要素表 烏龍河流域プロジェクト			社会環境	自然環境	汚染対策	正の環境影響	
項目組成	時期	事業活動	住民移転 経済活動、生計 文化遺産 景観 少数民族 公共交通 社会群体的分割 ハザード(リスク) 其他社会影響	保護区 生態系 水象 地形・地質 動植物 跡地管理 其他自然環境	大気質 水質 廃棄物 土壌汚染 騒音・振動 地盤沈下 重負 其他汚染対策		
導流工+床固工	計画段階	設計	X				
	施工段階	土地改変、空間占有					
		機械の稼働、給油 残土捨て場・採石場		X			
	運行段階	空間占有 施設運転		X	X		
傾斜農地の棚畑化	計画段階	設計					
	施工段階	土地改変、空間占有					
		残土捨て場・採石場					
	運行段階	空間占有 施設運転	X				
造林及び山腹工	計画段階	設計					
	施工段階	苗生産 苗移植					
		空間占有					
	運行段階	施設運転		X			
谷止め工	計画段階	設計					
	施工段階	土地改変、空間占有					
		残土捨て場・採石場					
	運行段階	空間占有 施設運転					
ハザードマップ/群測群防	計画段階						
	運行段階						

1 1 . 4 . 4 東川市街地流域緊急プロジェクトの環境評価

本事業地域は人口密度 1,250 人/km²、比土砂比生産土砂量 6,00t/km²/年の深沟、石羊沟からなる都市河川流域である。下流部の扇状地には東川市街地が広がっており、東川区の政治経済の中心的位置を占めている。また本市街地の東南部では新たに腊利新区科学技術産業パークが造成中であり、雇用対策、地域振興の切り札として全国からの投資を積極的に誘致しているところである。それだけに当市街地が、ひとたび土砂災害を受ければ、その地域経済に与えるインパクトは甚大である。被害は人的被害、家屋構造物への被害も深刻と考えられるが、東川区の政治経済の中心としての都市機能の喪失・低下による影響は地域経済へ大きな打撃となる。したがって土石流対策事業の実施により、100 年確率の土砂災害の被害が回避できれば、土砂災害の直接的な経済被害を削減する便益が発生するのみならず、地域外からの投資も増加すると期待され、地域経済の発展に大きな貢献をすると期待される。

深沟、石羊沟の 2 流域を含む昆明市東川区の下流域は、住宅・商業施設が密集した市街地であり、下流域における流路工工事により、河川兩岸の土地収用が必要になり、住民移転が発生する可能性があった。しかし F/S 段階の現地踏査において、既存の水路は十分な流下能力を有することが確認され、当該地域の砂防対策工事は、既存水路断面内の改修工事となり住宅密集地における新規の土地取得を必要としない。今後、実施設計段階で詳細な測量データに基づき設計を行ったとしても、影響を受ける世帯数は著しく増加することはないと予想される。

また計画されている砂防えん堤は、最下流部には不透過型の施設を採用する一方で、上流側えん堤には、スリット型を採用している。不透過型砂防えん堤は、上流からの土砂の流出を完全に堰きとめる働きをするものではなく、上流から新しい土砂が供給されれば、過剰な土砂は次第に下流に流れる仕組みとなっており、長期的には土砂の蓄積と流出のサイクルを繰り返すことになる。一方、スリット型えん堤では、スリット幅よりも

域全体の約 18%の農家に相当する 1,616 人が直接的便益を受け、農家の農業収入が増加すると期待される。

中流から上流にかけては、傾斜農地の棚畑化、造林、山腹工等が提案されている。傾斜農地の棚畑化により、土地生産性および労働生産性が向上し、さらには栽培作物の多様化も可能になり、貧困撲滅に大きく資すると期待される。その結果、本事業は長期的にも、自然環境に対する人為的環境負荷を低減することによって、環境改善に大幅に貢献する。これら事業コンポーネントの直接受益者には、主要な民族である漢族に加え、驾车郷屋基村安家村小組の彝族、迤石村发科 1 組の回族も含まれることになる。

桃家小河流域の上流部と下流部は、異なる行政地区にあり流域全体を対象とした抜本的かつ効率的な土砂災害対策は実施されにくいと考えられる。本計画の一部として「小江工程管理局(仮称)の設立プロジェクト」が提案されており、行政界の壁を越え、総合的な流域対策の実施が可能になり、地域の環境改善に対し大きな貢献をすると期待される。

上記評価結果をマトリックスとして以下にまとめた。なおマトリックス記入にあたっては、影響は甚大である場合は◎を、影響はあるが、緩和可能である場合は○を、分析の結果甚大な負の影響はない、あるいは影響が予測されたが F/S 段階の検討で回避または最小化された場合は×を記入して評価結果を示した。なお評価の結果、明らかに影響がないと判断された場合は空白としている。

表 R 1 1 . 4 . 5 桃家小河流域プロジェクト環境マトリックス

項目影響要素表 桃家小河流域プロジェクト			社会環境						自然環境						汚染対策						正の環境影響								
項目組成	時期	事業活動	住民移動	生計	経済活動、文化遺産	景観	少数民族	公共交通	社会群体的分割	ハザード(リスク)	其他社会影響	保護区	生態系	水象	地形・地質	動植物	跡地管理	其他自然環境	大気質	水質		廃棄物	土壌汚染	騒音・振動	地盤沈下	悪臭	其他汚染対策		
導流工+床固工	計画段階	設計	X																										
	施工段階	土地改変、空間占有						X																					
		機械の稼働、給油 残土捨て場・採石場				X																							
	運用段階	空間占有			X																								
施設運転																												◎	
傾斜農地の棚畑化	計画段階	設計		○																									
	施工段階	土地改変、空間占有		○												○													
		残土捨て場・採石場																											
	運用段階	空間占有																											
施設運転			X																									◎	
造林及び山腹工	計画段階	設計																											
	施工段階	苗生産																											
		苗移植															○												
	運用段階	空間占有				X																							
施設運転												X																◎	
谷止め工	計画段階	設計																											
	施工段階	土地改変、空間占有																											
		残土捨て場・採石場																											
運用段階	空間占有																												
	施設運転																											◎	
ハザードマップ/群測群防	計画段階																												
	運用段階																											◎	

11.4.6 洪水予警報システムプロジェクト

現状の案では、本事業実施による環境への直接的影響はないと判断される。なお、この判断は、本事業が土砂災害対策および自然環境修復プロジェクトと同時に実施され、土石流監視局は砂防えん堤に敷設されることを前提としている。従って、洪水予警報システムプロジェクトのみ独立して実施された場合には、土石流監視局の設置場所を改めて検討することが必要であり、その場合にのみ影響が現れる可能性が残されている。

上記評価結果をマトリックスとして以下にまとめた。なおマトリックス記入にあたっては、影響は甚大である場合は◎を、影響はあるが、緩和可能である場合は○を、分析の結果甚大な負の影響はない、あるいは影響が予測されたがF/S段階の検討で回避または最小化された場合は×を記入して評価結果を示した。

表 R 11.4.6 洪水予警報システムプロジェクト環境マトリックス

項目影響要素表 洪水予警報システムプロジェクト			社会環境					自然環境					汚染対策					正の環境影響										
項目組成	時期	事業活動	住民移動	経済活動、生計	文化遺産	農圃	少数民族	公共交通	社会群体的分割	ハザード(リスク)	其他社会影響	保護区	生態系	水象	地形・地質	動植物	跡地管理		其他自然環境	大気質	水質	廃棄物	土壌汚染	騒音・振動	地盤沈下	悪臭	其他汚染対策	
防災情報センター	計画段階	設計																										
	施行段階	建設設置																										
	運用段階	空間占有 施設運転																										
テレメーター雨量観測システム	計画段階	設計																										
	施行段階	建設設置																										
	運用段階	空間占有 施設運転																										
土石流予警報システム	計画段階	設計		○																								
	施行段階	建設設置																										
	運用段階	空間占有 施設運転																										

11.4.7 環境管理計画

上記の環境影響の評価結果と提案された緩和措置を以下の表に流域ごとにまとめた。緩和措置は、施工業者と事業実施機関が中心になって実施することになる。実際には事業実施機関から委託を受けた、事業の環境管理を担当する専門家（以下環境管理者）と施工時の環境管理を担当する専門家（施工環境管理者）が、これらの緩和措置が確実に実施されるよう重要な役割を果たす。

環境管理者は、提案された環境緩和措置を、実施設計段階で、契約事項として施工契約書に記載し、施工業者が施工において負うべき環境保護責任を明確にする。この工事請負契約書の作成には、事業実施機関の環境担当職員も参加し、環境緩和措置の各項目が確実に契約項目に組み入れることを確保することが必要である。また環境管理者と施工環境管理者は共同で施工業者の環境保護措置の実施状況を監督し、環境保護措置が確実に実施されることを確保する。環境管理者の主な役割は、以下にまとめた通り、事業実施において環境管理をすることである。

- (1) 施工業者が契約通りに定期的に環境報告書の作成と提出をすることを確保する。
- (2) 環境報告表に基づいて緩和措置の実施状況を検査し、施工中の各種環境保護問題

に対し、処理意見を提案する。

- (3) 工時期に、施工業者が直面している環境保護関連問題に対し解決方法を提案する。
- (4) 予想されない突発事故に対して速やかに応急補完措置をとれるよう、事業実施機関に報告する。
- (5) 施工活動によって周辺の住民などに与える影響を観測し、施工業者が実施すべき保護措置を追加する必要があるかどうか確認する。
- (6) 施工環境管理者と同様に、環境管理者も必ず毎日日報を、毎週週間報告を作成して、事業実施機関に提出する。

表 R 1 1 . 4 . 7 豆腐沟流域プロジェクト環境緩和措置一覧

環境影響	評価	改善措置	実施責任者	実施期間
導流工				
コンクリート・ミックス過程で発生したアルカリ性の廃水が水質に影響を与える。	緩和可能	施工廃水を集めて、沈殿・中和処理してから排出する。実施設計段階で業者契約書に、本件を記載し、確実に実行する。特に豆腐沟下流域の農地開発の計画に注意する。	施工業者	施工期間中
工事で発生した廃棄物が適切に処理されない。	可能性はあるが、緩和可能	施工廃棄物を指定場所に集中廃棄し、必要な保護措置を実施する。残土堆積場で、のり面保護などの構造物対策と植物対策を実施する。生活污水は、排出前に処理する。実施設計段階で詳細を業者契約書に記載する。	施工業者	施工期間中
施工機械の油漏れで水質と土壌汚染が発生する。	可能性は大きい改善できる	機械設備の点検修理を強化して、油漏れを防ぐ。使用済みの油を適切に処理して油漏れを防止する。点検頻度などを実施設計段階で決定し、業者契約書に記載する。	施工業者	施工期間中
施工機械の騒音と振動が現地の環境をある程度影響する。	影響は限定的。緩和可能	合理的な施工計画を立てて、夜間の施工を禁止することによって影響を緩和する。本件も業者契約書に記載する。	施工業者	施工期間中
構造物の完成によって地域社会が分断される。	緩和可能	兩岸の住民のアクセスが可能となるようアクセス道及び橋を設置する。詳細は、実施設計段階で設計する。	事業実施機関が設計し施工業者が施工	施工期間中
傾斜農地の棚畑化				
傾斜農地は棚畑化によって境界線が分からなくなり、農地再分割が必要になる。これは住民間トラブルの原因になる。	甚大だが緩和可能	これまで現地で行われている対策（換地及び減歩率）を厳格に踏襲する。すなわち工事前の各農家の農地面積に従って、同じ比率で土地を分配する。これは住民間で協議し決定する。開墾農地の場合は、事前に農家と請負契約を締結してから棚畑化を実施する。またトラブルが発生した場合、村民委員会が仲裁する。	受益者及び村民委員会、事業実施機関	施工開始前に住民と協議
施工期間中、耕作不可能になり、村民の生産生活に影響する	甚大だが、影響最小化が可能	工事を農閑期に実施することによって影響を最小化する。可能な限り住民が工事建設に参加するようにし、農民の収入増を実現する。工事スケジュールは実施設計段階で策定する。また住民の工事参加の規定については、実施設計段階で業者契約書に記入する。	施工業者及び事業実施部門が調整	施工期間中に実施
表土の攪乱により土地生産性が低下する。	可能性はある。	通常、現地で棚畑化の工事を実施する際に適用されている「表土扱い工法」を本事業においても踏襲する。なお、事業コストには本対策は含まれている。	施工業者	施工期間中
棚畑化施工作業で、表土の移転で水土流失が発生する	甚大だが、緩和可能	工事を降雨の少ない時期に実施し、雨水浸食を避ける。上記の農閑期という工事時期の要求も考慮の上で、実施設計段階で詳細な工事計画を策定する。また堆積表土に対して、一時的な保護措置で水土流失を防ぐ。本項目も実施設計段階で業者契約書に記入する。	施工業者	施工期間中
造林及び山腹工				
苗の移植時に労働者が動植物等生態系へ影響を与える。	可能性はある。	生態系への悪影響を与えないように労働者を指導する。施工手帳に動植物の保護の項目を記載し、建設労働者を教育する。	実施機関及び施工業者	施工期間
植生完全に回復まで土壌流亡が続く。	甚大だが、改善できる	植生回復まで定期的に苗木移植を実施し、水土流失を観測する	事業実施機関	造林実施から植生回復まで
肥料農薬使用量が増加する。	緩和可能	農業資材の使用に関わる政策（農家への教育普及、事業対象地域における化学肥料と農薬の使用基準の遵守等）を他部門と協力して強化する。	事業実施機関が農業部	運用機関中

表 R 1 1 . 4 . 8 烏龍河流域プロジェクト環境緩和措置一覧

環境影響	評価	改善措置	実施責任者	実施期間
導流工				
工事によって地域の交通が影響を受ける。	緩和可能	施工開始前に影響区域住民（烏龍郷店房村周辺）に周知させ、合理的な施工計画を立てる。本要件は、実施設計段階で業者契約書に記載する。	施工業者	施工開始前と施工期間中
工事の土地改変による動植物に対する影響	可能性は低い。緩和可能である。	建設工事前に施設建設予定地を再度踏査し、貴重種が発見された場合には保護する。また工事期間は、看板と施工手帳に写真と動植物の保護の項目を記載し、建設労働者を教育する。	事業実施機関及び施工業者	工事前及び施工期間
コンクリート・ミックス過程で発生したアルカリ性の廃水が水質に影響を与える。	緩和可能	施工廃水を集めて、沈殿・中和処理してから排出する。実施設計段階で業者契約書に、本件を記載し、確実に実行する。特に烏龍街より下流の農業地帯での灌漑期間に注意する。	施工業者	施工期間中
工事で発生した廃棄物が適切に処理されない。	可能性はあるが、緩和可能	施工廃棄物を指定場所に集中廃棄し、必要な保護措置を実施する。残土堆積場で、のり面保護などの構造物対策と植物対策を実施する。生活污水は、排出前に処理する。実施設計段階で詳細を業者契約書に記載する。	施工業者	施工期間中
施工機械の油漏れで水質と土壌汚染が発生する。	可能性は大きい改善できる	機械設備の点検修理を強化して、油漏れを防ぐ。使用済みの油を適切に処理して油漏れを防止する。点検頻度などを実施設計段階で決定し、業者契約書に記載する。	施工業者	施工期間中
施工機械の騒音と振動が現地の環境をある程度影響する。	影響は限定的。緩和可能	合理的な施工計画を立てて、夜間の施工を禁止することによって影響を緩和する。本件も業者契約書に記載する。	施工業者	施工期間中
構造物の完成によって地域社会が分断される	緩和可能	兩岸の住民のアクセスが可能となるようアクセス道及び橋を設置する。詳細は、実施設計段階で設計する。	事業実施機関が設計し施工業者が施工	施工期間中
傾斜農地の棚畑化				
傾斜農地は棚畑化によって境界線が分からなくなり、農地再分割が必要になる。これは住民間トラブルの原因になる。	甚大だが緩和可能	これまで現地で行われている対策（換地及び減歩率）を厳格に踏襲する。すなわち工事前の各農家の農地面積に従って、同じ比率で土地を分配する。これは住民間で協議し決定する。開墾農地の場合は、事前に農家と請負契約を締結してから棚畑化を実施する。またトラブルが発生した場合、村民委員会が仲裁する。	受益者及び村民委員会、事業実施機関	施工開始前に住民と協議
施工期間中、耕作不可能になり、村民の生産生活に影響する	甚大だが、影響最小化が可能	工事を農閑期に実施することによって影響を最小化する。可能な限り住民が工事建設に参加するようにし、農民の収入増を実現する。工事スケジュールは実施設計段階で策定する。また住民の工事参加の規定については、実施設計段階で業者契約書に記入する。	施工業者及び事業実施部門が調整	施工期間中に実施
表土の攪乱により土地生産性が低下する。	可能性はある。	通常、現地で棚畑化の工事を実施する際に適用されている「表土扱い工法」を本事業においても踏襲する。なお、事業コストには本対策は含まれている。	施工業者	施工期間中
棚畑化施工作業で、表土の移転で水土流失が発生する	甚大だが、緩和可能	工事を降雨の少ない時期に実施し、雨水浸食を避ける。上記の農閑期という工事時期の要求も考慮の上で、実施設計段階で詳細な工事計画を策定する。また堆積表土に対して、一時的な保護措置で水土流失を防ぐ。本項目も実施設計段階で業者契約書に記入する。	施工業者	施工期間中
造林及び山腹工				
苗の移植時に労働者が動植物等生態系へ影響を与える。	可能性はある。	生態系への悪影響を与えないように労働者を指導する。施工手帳に動植物の保護の項目を記載し、建設労働者を教育する。	実施機関及び施工業者	施工期間
造林による景観への影響	改善の余地がある。	烏龍郷と新田郷の境界地域の紅土を利用した観光開発という地元政府の意向を考慮し、今後、実施設計段階では、計画を一部修正する必要がある。	実施機関	実施設計段階
植生完全に回復まで土壌流出が続く。	甚大だが、改善できる	植生回復まで定期的に苗木移植を実施し、水土流失を観測する	事業実施機関	造林実施から植生回復まで
肥料農薬使用量が増加する。	緩和可能	農業資材の使用に関わる政策（農家への教育普及、事業対象地域における化学肥料と農薬の使用基準の遵守等）を協調的に強化する。	事業実施機関が農業部	運用期間中

表 R 1 1 . 4 . 9 東川市街地流域プロジェクト環境緩和措置一覧

環境影響	評価	改善措置	実施責任者	実施期間
砂防えん堤及び流路工				
工事によって地域の交通が影響を受ける。	緩和可能	施工開始前に影響区域住民（東川市街地）に周知させ、合理的な施工計画を立てる。本要件は、実施設計段階で業者契約書に記載する。	施工業者	施工開始前と施工期間中
工事の土地改変による動植物に対する影響	緩和可能である。	建設工事前に施設建設予定地を再度踏査し、貴重種が発見された場合には保護する。また工事期間は、看板と施工手帳に写真と動植物の保護の項目を記載し、建設労働者を教育する。	事業実施機関及び施工業者	工事前及び施工期間
施工時、コンクリート・ミックス過程で発生した汚水が水質に影響を与える。	影響が大きい。予防ができる。	施工廃水を集めて、沈殿・中和処理してから排出する。実施設計段階で業者契約書に、本件を記載し、確実に実行する。特に深溝等の下流域では都市型農業が営まれているので注意必要。	施工業者	施工期間
工事で発生した廃棄物が適切に処理されない。	可能性はあるが、緩和可能	施工廃棄物を指定場所に集中廃棄し、必要な保護措置を実施する。残土堆積場で、のり面保護などの構造物対策と植物対策を実施する。生活汚水は、排出前に処理する。実施設計段階で詳細を業者契約書に記載する。	施工業者	施工期間中
施工機械の油漏れで水質と土壌汚染が発生する。	可能性が非常に大きい改善できる	機械設備の点検修理を強化して、油漏れを防ぐ。使用済みの油を適切に処理して油漏れを防止する。点検頻度などを実施設計段階で決定し、業者契約書に記載する。	施工業者	施工期間中
施工機械の騒音と振動が現地の環境をある程度影響する。	影響は限定的。緩和可能	合理的な施工計画を立てて、夜間の施工を禁止することによって影響を緩和する。本件も業者契約書に記載する。	施工業者	施工期間中
構造物の完成によって地域社会が分断される影響は緩和できる。	改善可能	両岸の住民のアクセスが可能となるようアクセス道及び橋を設置する。詳細は、実施設計段階で設計する。	事業実施機関が設計し施工業者が施工	施工期間
傾斜農地の棚畑化				
傾斜農地は棚畑化によって境界線が分からなくなり、農地再分割が必要になる。これは住民間トラブルの原因になる。	甚大だが緩和可能	これまで現地で行われている対策（換地及び減歩率）を厳格に踏襲する。すなわち工事前の各農家の農地面積に従って、同じ比率で土地を分配する。これは住民間で協議し決定する。開墾農地の場合は、事前に農家と請負契約を締結してから棚畑化を実施する。またトラブルが発生した場合、村民委員会が仲裁する。	受益者及び村民委員会、事業実施機関	施工開始前に住民と協議
施工期間中、耕作不可能になり、村民の生産生活に影響する	甚大だが、影響最小化が可能	工事を農閑期に実施することによって影響を最小化する。可能な限り住民が工事建設に参加するようにし、農民の収入増を実現する。工事スケジュールは実施設計段階で策定する。また住民の工事参加の規定については、実施設計段階で業者契約書に記入する。	施工業者及び事業実施部門が調整	施工期間中に実施
表土の攪乱により土地生産性が低下する。	可能性がある。	通常、現地で棚畑化の工事を実施する際に適用されている「表土扱い工法」を本事業においても踏襲する。なお、事業コストには本対策は含まれている。	施工業者	施工期間中
棚畑化施工作業で、表土の移転で水土流失が発生する	甚大だが、緩和可能	工事を降雨の少ない時期に実施し、雨水浸食を避ける。上記の農閑期という工事時期の要求も考慮の上で、実施設計段階で詳細な工事計画を策定する。また堆積表土に対して、一時的な保護措置で水土流失を防ぐ。本項目も実施設計段階で業者契約書に記入する。	施工業者	施工期間中
造林及び山腹工				
苗の移植時に労働者が動植物等生態系へ影響を与える。	可能性がある。	生態系への悪影響を与えないように労働者を指導する。施工手帳に動植物の保護の項目を記載し、建設労働者を教育する。	実施機関及び施工業者	施工期間
植生完全に回復まで土壌流出が続く。	甚大だが、改善できる	植生回復まで定期的に苗木移植を実施し、水土流失を観測する	事業実施機関	造林実施から植生回復まで
肥料農薬使用量が増加する。	緩和可能	農業資材の使用に関わる政策（農家への教育普及、事業対象地域における化学肥料と農薬の使用基準の遵守等）を協調的に強化する。	事業実施機関が農業部	運用期間中

表 R 1 1 . 4 . 1 0 桃家小河流域プロジェクト環境緩和措置一覧

環境影響	評価	改善措置	実施責任者	実施期間
導流工				
コンクリート・ミックス過程で発生したアルカリ性の廃水が水質に影響を与える。	下流で農業に利用されている場合緩和策必要	施工廃水を集めて、沈殿・中和処理してから排出する。実施設計段階で業者契約書に、本件を記載し、確実に実行する。特に下流域の将来の農業開発計画に注意する。	施工業者	施工期間中
工事で発生した廃棄物が適切に処理されない。	可能性はあるが、緩和可能	施工廃棄物を指定場所に集中廃棄し、必要な保護措置を実施する。残土堆積場で、のり面保護などの構造物対策と植物対策を実施する。生活污水は、排出前に処理する。実施設計段階で詳細を業者契約書に記載する。	施工業者	施工期間中
施工機械の油漏れで水質と土壤汚染が発生する。	可能性は大きい改善できる	機械設備の点検修理を強化して、油漏れを防ぐ。使用済みの油を適切に処理して油漏れを防止する。点検頻度などを実施設計段階で決定し、業者契約書に記載する。	施工業者	施工期間中
施工機械の騒音と振動が現地の環境をある程度影響する。	影響は限定的。緩和可能	合理的な施工計画を立てて、夜間の施工を禁止することによって影響を緩和する。本件も業者契約書に記載する。	施工業者	施工期間中
構造物の完成によって地域社会が分断される	緩和可能	両岸の住民のアクセスが可能となるようアクセス道及び橋を設置する。詳細は、実施設計段階で設計する。特に下流部は導流工幅が広いので設計段階で、現地の交通事情を考慮の上で設計する必要がある。	事業実施機関が設計し施工業者が施工	施工期間中
傾斜農地の棚畑化				
傾斜農地は棚畑化によって境界線が分からなくなり、農地再分割が必要になる。これは住民間トラブルの原因になる。	甚大だが緩和可能	これまで現地で行われている対策（換地及び減歩率）を厳格に踏襲する。すなわち工事前の各農家の農地面積に従って、同じ比率で土地を分配する。これは住民間で協議し決定する。開墾農地の場合は、事前に農家と請負契約を締結してから棚畑化を実施する。またトラブルが発生した場合、村民委員会が仲裁する。	受益者及び村民委員会、事業実施機関	施工開始前に住民と協議
施工期間中、耕作不可能になり、村民の生産生活に影響する	甚大だが、影響最小化が可能	工事を農閑期に実施することによって影響を最小化する。可能な限り住民が工事建設に参加するようにし、農民の収入増を実現する。工事スケジュールは実施設計段階で策定する。また住民の工事参加の規定については、実施設計段階で業者契約書に記入する。	施工業者及び事業実施部門が調整	施工期間中に実施
表土の攪乱により土地生産性が低下する。	可能性はある。	通常、現地で棚畑化の工事を実施する際に適用されている「表土扱い工法」を本事業においても踏襲する。なお、事業コストには本対策は含まれている。	施工業者	施工期間中
棚畑化施工作業で、表土の移転で水土流失が発生する	甚大だが、緩和可能	工事を降雨の少ない時期に実施し、雨水浸食を避ける。上記の農閑期という工事時期の要求も考慮の上で、実施設計段階で詳細な工事計画を策定する。また堆積表土に対して、一時的な保護措置で水土流失を防ぐ。本項目も実施設計段階で業者契約書に記入する。	施工業者	施工期間中
造林及び山腹工				
苗の移植時に労働者が動植物等生態系へ影響を与える。	可能性はある。	生態系への悪影響を与えないように労働者を指導する。施工手帳に動植物の保護の項目を記載し、建設労働者を教育する。	実施機関及び施工業者	施工期間
植生完全に回復まで土壌流出が続く。	甚大だが、改善できる	植生回復まで定期的に苗木移植を実施し、水土流失を観測する	事業実施機関	造林実施から植生回復まで
肥料農薬使用量が増加する。	緩和可能	農業資材の使用に関わる政策（農家への教育普及、事業対象地域における化学肥料と農薬の使用基準の遵守等）を協調的に強化する。	事業実施機関が農業部	運用機関中

表 R 1 1 . 4 . 1 1 洪水予警報システムプロジェクト環境緩和措置一覧

環境影響	評価	改善措置	実施責任者	実施期間
土石流監視局				
土石流監視局が砂防えん堤に敷設されない場合には、影響が現れる可能性がある。	緩和可能	洪水予警報システムプロジェクトのみ単独で事業が実施される場合には、土石流監視局の設置場所の検討の際に負の影響が現れないよう設置場所について検討する。	実施機関	計画段階

11.4.8 モニタリング計画

1) 水質モニタリング

事業実施により棚畑及び経済林などにおいて、肥料、農薬の使用量が増加すると予測される。対策として1)農民に対する教育訓練の強化、2)有機肥料使用の提唱、3)事業対象地域における化学肥料と農薬の使用管理の強化が提案されている。しかし、これら政策的緩和措置の効果及び効率性は不確かな面もある。そこで本水質モニタリングを実施し、上記対策の効果を測定・評価し、必要ならば対策を策定することができるようデータの収集を図る。モニタリングは事業実施機関の環境管理技術者が監理し、分析はその資格を有する企業に委託して行う。

2) 水土保持モニタリング

工事に伴い増加する水土流出影響を測定し、緩和措置の効果を評価する。また、本事業により長期的には土砂流出量は低下すると期待されるが、将来事業評価の基礎資料となるよう計測を行う。事業の特徴、対策措置の配置に基づいて、各小流域に1箇所、計5箇所の観測点を配置する。事業対象地域の現状に基づいて、下記の水土流失影響要素を対象にモニタリングを実施する。

3) 環境管理費用

モニタリング費用を積算し、以下に示した。これらは事業コストに算入した。

表 R 11.4.12 施工期間の環境緩和措置費用概算

項目	単位	数量	単価(円)	合計(円)
生物調査	人	1	50,000	50,000
水環境保護措置（水処理施設）	セット	5	20,000	100,000
環境監理（環境監理技術者等）	人	5	30,000	150,000
上記計				300,000

表 R 11.4.13 環境モニタリング費用概算

	数量			単価(円)	合計(円)
	箇所・人	回数/年	年		
水質モニタリング	5	6	3	2,000	180,000
水土保持モニタリング	5	6	3	5,000	450,000
モニタリング管理費用	2	12	3	2,000	144,000
モニタリング費用計					774,000

第12章 結論および提言

12.1 結論

2004年3月より本調査は始まった。約1年間かけて基礎調査、基本計画作りを行い、2005年5月に中間報告書を提出して小江流域全域の土砂災害対策と自然環境修復に関わる基本計画案を発表した。

この基本計画案は砂防えん堤、流路工、導流工などからなる土石流対策、造林、山腹工、傾斜農地の造林（退耕還林）・棚畑（田）化からなる水系砂防対策、予警報システムなどの非施設対策、そして基本計画事業の実施や運営管理のための新組織（小江工程管理局）の設立などを含めた総合的な計画となっている。これらの事業は2010年までの完成を目指す緊急計画と2020年の完成を目指す長期計画の部分に分けられる。総事業費は約24億円で、経済性、財政負担能力、技術面、環境・社会配慮の面からも妥当であると判断された。

基本計画作成に引き続き、緊急計画に含まれる、4優先小流域（豆腐沟、乌龙河流域、東川市街地流域、および桃家小河）の土砂災害対策及び自然環境修復プロジェクト、予警報システムプロジェクト、さらに小江工程管理局の設立プロジェクトについてフィージビリティ調査が行われ、2005年12月、その結果がこの最終報告書案主報告書フィージビリティ調査編において発表される運びとなった。

4優先小流域の緊急プロジェクトは土石流対策、水系砂防対策や群測群防の強化などの非施設対策からなる総合的的事业として計画されている。予警報システムプロジェクトでは、小江全流域を対象とした雨量観測や東川市街地のための土石流予警報を重点に設計された。また小江工程管理局について、基本計画の実施や完成後の運営維持管理まで引き続き行うことを前提とした半恒久的組織とし、極力アウトソーシングを活用して弾力性に富む組織とするように提案している。以上のプロジェクトの総事業費は約2.1億円と見積もられ、経済性、財政負担能力、技術面、環境・社会配慮の面からの妥当性が確認された。

一方、2年弱の調査期間において各種の技術移転プログラムも実施されている。まず2005年1月には、現地報告書の発表を兼ね、関係機関から約60名の参加者を得て技術移転ワークショップが開催された。2005年5月にはJICA中国水利人材養成プロジェクトとの協力で、中国全土からの水土保持関係者40名、当小江調査関係者36名の計76名の参加者を得て、合同セミナーを昆明にて開催した。このほかにも各種技術交流会、計20数回にも及ぶワークショップ、地すべり計測機器設置のミニパイロットプロジェクト、公聴会などの実施を通じて、技術移転・交流が図られた。

12.2 提言

調査団は上記の結論を踏まえ、以下のように中国側に提言する。

1) 緊急プロジェクト、基本計画の実施の促進

小江流域では、土砂災害の発生および生態環境の悪化に起因する地域経済の停滞と、さらにそれに伴う森林破壊と流域の荒廃という土砂災害・自然環境劣化の悪循環が繰り返されている。この悪循環を断ち切り、住民の生活基盤を安定させ、長期的に地域経済発展を持続させるために、調査団は本調査で提案する緊急プロジェクトならびに基本計画の実施を強く提言する。

2) 住民参加の確保

上記緊急プロジェクトや基本計画で提案している造林、封山育林、傾斜農地の棚畑化などの事業が行われることになる山腹斜面は多くの住民の所有地もしくは生活場となっている。また計画的転流を考慮した本川の治水対策、群測群防、ハザードマップ作り、住民移転、副産物利用については住民自身が主人公であるべき活動・事業である。したがって住民を疎外したような計画作り、事業の推進では、成功はとてもおぼつかないことから、計画段階から住民との協議、住民参加を確保することが重要である。

3) 観測、調査研究、経験の蓄積による地域の特性に合った技術改良

本調査では、ハザードマップ作り、透過型砂防えん堤など、小江流域にとって新しい技術をも取り入れて計画作りや施設設計を行っている。これらソフト面、ハード面の技術は、日本での長年の観測、調査研究、施工実績などの経験を通して開発・改良され、技術指針、マニュアル、論文として整理されたものに基づいており、小江流域にそのまま適用できない部分があることも十分想定される。したがって「11.3 技術評価」で述べたとおり、今後、中国側においては、観測、データ収集解析、水理実験等の調査研究、施工経験の蓄積、構造物対策効果のモニタリング、ソフト対策のレビュー等により、小江流域の特性により合うように技術の改良を図り、独自の技術指針、マニュアルを作成していくことが望まれる。

4) 環境影響評価に関わる事項

中国政府は、本緊急プロジェクト事業の実施に先立って、環境影響評価の手続を完了することが必要である。環境審査に向けて必要となる作業事項としては以下の通りである。

- ・ 本調査の一環として、中国の環境影響評価法に基づいて中国語の環境影響評価報告書を作成している。この報告書は中国の制度で認められている正規の EIA 実施機関が、環境影響評価制度に基づき①建設事業の概況、②建設事業の周辺環境の現状、③建設事業が環境に対し与える可能性のある影響の分析、予測および評価、④建設事業の環境保護措置及びその技術、経済の論証、⑤建設事業の環境に対する影響の経済損益分析、⑥建設事業の実施に対する環境モニタリングの提案および⑦環境影響評価の結論を含む構成となっている。従って中国国内の環境許可の申請にあたっては、この報告書を利用して、早期に申請を行うことが必要である。その手順は以下の通りである。
 1. 事業主は、上記の EIA 報告書を省の環境保護局に提出する。
 2. 事業主は、建設事業環境審査受理センターの下で行われる専門家による審査結果のコメントに基づいて EIA 報告書の修正を行う。
 3. 事業主は、修正 EIA 報告書を環境保護局に提出する。
 4. 事業主は、受理センターから発行される正式な評価意見を添付して、下級の環境保護部門（东川区および会泽県の環境保護部門）に提出する。
 5. 事業主は、EIA 報告書、受理センターからの正式な評価意見および下級環境保護部門からの審査意見の 3 点を上級（省）の環境保護局に提出する。
- ・ 外国機関に融資を申請する場合は、上記に加えて、融資機関の環境審査を通過することが必要となる。この目的のために「付属報告書」にある「K 環境社会配慮」を利用することができる。本報告書は基本的に日本の国際協力銀行

(JBIC) の環境審査項目を考慮して構成し、日本語によって作成しているので、JBIC に融資の申請をする場合はそのまま利用することができる。しかし国際機関に融資を申請する場合は英語などに訳すことが必要となる。

5) 非自発的住民移転の回避と妥当な補償措置

东川市街地流域の土砂災害対策で予想された住民移転は、F/S 段階の設計で住民回避は回避された。詳細設計段階も継続して非自発的住民移転及び生計手段の喪失を、あらゆる方法を検討して回避に努めなければならない。このような検討を経ても回避が可能でない場合には、影響を最小化し、損失を補償するために、対象者との合意の上で実効性ある対策が講じられなければならない。

詳細な検討の上で住民移転が発生する場合は、中華人民共和国土地管理法（1998年8月公布、1999年1月施行）、土地家屋撤去管理法（2001）に従って補償計画、移転手当てを支給することが必要である。

また本案件の実施を国際機関からの融資によって賄う場合は、融資審査に先立って、OP 4.12⁵（December 2001）など国際的に認められている住民移転に関わるガイドラインに基づいて移転計画を策定することが必要となる。この移転計画策定には少なくとも以下の3つの基本的精神を踏襲することが必要である。

- ① プロジェクト実施主体は、非自発的住民移転及び生計手段の喪失の影響を受ける者に対して十分な補償及び支援をより適切な時期に与えること。
- ② プロジェクト実施主体は、移転住民が以前の生活水準や収入機会、生産水準において改善又は少なくとも回復できるように努めること。これには、土地や金銭による（土地や資産の損失に対する）損失補償、持続可能な代替生計手段等の支援、移転に要する費用等の支援、移転先でのコミュニティー再建のための支援等が含まれる。
- ③ 非自発的住民移転及び生計手段の喪失に係る対策の立案、実施、モニタリングには、影響を受ける人々やコミュニティーの適切な参加が促進されていなければならない。

⁵ Involuntary Resettlement に関わる Operational Policy