

パラグアイ共和国
イグアス湖流域に関する
基礎情報収集・確認調査
最終報告書

平成25年2月
(2013年)

独立行政法人国際協力機構
地球環境部

環境
JR
13-061

**パラグアイ共和国
イグアス湖流域に関する
基礎情報収集・確認調査
最終報告書**

平成25年2月
(2013年)

**独立行政法人国際協力機構
地球環境部**

目 次

序 文
目 次
表一覧
図一覧
地 図
写 真
略語表
要約表

第1章	はじめに.....	1
1-1	調査の背景.....	1
1-2	調査の目的.....	1
1-3	調査業務内容.....	1
1-4	調査の実施体制.....	2
1-5	調査の構造.....	3
第2章	パラグアイの概要.....	4
2-1	地理.....	4
2-1-1	位置、国土面積及び国境.....	4
2-1-2	自然地域.....	5
2-1-3	気候.....	8
2-1-4	主要河川.....	13
2-2	地方行政区分及び人口.....	17
2-2-1	地方行政区分.....	17
2-2-2	各県の人口、人口増加率及び人口密度.....	21
2-3	農業.....	23
2-3-1	概要.....	23
2-3-2	主要農産物.....	24
2-3-3	土地所有.....	32
2-3-4	農家の形態.....	34
2-4	森林管理.....	38
2-4-1	概要.....	38
2-4-2	森林管理に影響する要因.....	38
2-5	電力.....	40
2-5-1	概要.....	40
2-5-2	電力に係る実施体制.....	46
2-6	土壌侵食.....	49
2-6-1	土壌劣化の特徴とその原因.....	49

2-6-2	具体的な土壌侵食の概要	55
2-6-3	ピルコマジョ河流域の土壌侵食と生物多様性への影響	55
2-6-4	土壌侵食レベル評価事例	56
2-6-5	土壌侵食率及びポテンシャル推定	56
2-6-6	土地の劣化要因と今後の課題	57
2-7	流域保全管理	58
2-7-1	パラグアイにおける流域保全管理の概要	58
2-7-2	流域保全管理に係る政策	59
2-7-3	流域保全事業の現状	59
2-7-4	関連法規のまとめ	71
第3章	パラグアイの自然環境及び保全	73
3-1	自然環境	73
3-1-1	生態系区分	73
3-1-2	確認された動植物種と絶滅種の状況	79
3-1-3	保護区体系及び面積	84
3-1-4	森林	87
3-1-5	生態系・自然環境破壊や劣化の原因、劣化の程度・緊急性	89
3-2	自然環境保全に関する社会経済状況	90
3-2-1	天然資源への依存性/農業・農村人口	90
3-2-2	エコツーリズムの現状	94
3-3	自然環境保全に係る実施体制	95
3-4	国際・地域政策動向	98
3-5	他開発パートナー等の支援状況	99
	イグアス河流域周辺の現況	100
第4章		100
4-1	自然環境・地形の概況	100
4-1-1	位置及び地形	100
4-1-2	流域	104
4-1-3	自然環境	106
4-2	天然資源の住民による利用状況	112
4-2-1	水資源	112
4-2-2	鉱物資源	112
4-2-3	森林資源	112
4-2-4	水産資源	112
4-3	自然環境の劣化状況、程度、原因・因果関係	112
4-3-1	概要	112
4-3-2	森林伐採	113
4-3-3	土壌流出	118
4-4	社会経済状況	123
4-4-1	地方行政区分	123

4-4-2	人口	128
4-4-3	農業に係る基礎データ	131
4-4-4	先住民族	136
4-4-5	エコツーリズム	141
4-5	流域保全の実施体制	141
4-5-1	関係機関の活動	141
4-5-2	実施体制の現状と課題	148
4-6	上位政策・戦略、資源管理計画及び土地利用計画	149
4-7	住民のニーズ	149
4-8	イグアス水力発電事業（PGP-15）の現状	150
4-8-1	事業の背景	150
4-8-2	事業の概要	150
4-8-3	グリーンベルト計画	151
4-8-4	SAPROFでの提言	152
4-8-5	事業の経緯、現状と課題	152

付属資料

1. 面談者リスト
2. 参考文献
3. 調査結果まとめ

表 一 覧

表 1-1	調査実施体制.....	2
表 2-1	パラグアイ各地の月別日平均最高及び最低気温 (°C)	10
表 2-2	パラグアイ各地の月別年平均降雨量及び降雨日数.....	12
表 2-3	各県の名称、面積及び県庁所在地.....	20
表 2-4	各県の人口、人口増加率及び人口密度	22
表 2-5	大豆の県別生産面積、生産量及び ha 当りの収量	26
表 2-6	麦類の県別生産面積、生産量及び ha 当りの収量	28
表 2-7	綿花の県別生産面積、生産量及び ha 当りの収量.....	30
表 2-8	メイズの県別生産面積、生産量及び ha 当りの収量.....	32
表 2-9	農家の土地申請件数の状況 (2011 年)	33
表 2-10	農地面積規模別の農家数変化 (1991 年から 2008 年)	34
表 2-11	農家の規模別の総農地面積変化 (1991 年から 2008 年)	34
表 2-12	利用別の農地総数及び農地面積変化 (1991 年から 2008 年)	35
表 2-13	所有牛頭数別の農家数の変化 (1991 年から 2008 年)	35
表 2-14	所有牛頭数別の牛頭数の変化 (1991 年から 2008 年)	36
表 2-15	東部地域各県の所有農地面積別・大豆生産者数 (2008 年)	36
表 2-16	東部地域各県の所有農地面積別・総農地面積 (2008 年)	37
表 2-17	所有農地規模別の農業生産者の特性 (2008 年)	37
表 2-18	東部地域での森林伐採面積状況 (2011 年)	39
表 2-19	パラグアイの既存発電所の概要 (2006 年)	40
表 2-20	ピーク発電需要に対する各発電所分担比率.....	43
表 2-21	年間発生電力量、電力消費量、ピーク発電需要の経年変化.....	43
表 2-22	県別の電気を利用できない村落地域世帯の割合	44
表 2-23	ANDE 損益計算書.....	48
表 2-24	職務別の ANDE 職員数.....	49
表 2-25	部門別の ANDE 職員数.....	49
表 2-26	パラグアイにおける人為的な原因による土壌劣化地.....	52
表 2-27	南米各国の土地劣化 (1981 年から 2003 年までの 23 年間)	52
表 2-28	土壌劣化の分類 (%)	52
表 2-29	土壌劣化の原因 (百万 ha、%)	54
表 2-30	パラグアイにおける土壌侵食レベル評価事例.....	56
表 2-31	USLE による土壌侵食ポテンシャル推定事例.....	57
表 2-32	CCU 組合員の農地面積別農家数 (2010 年)	67
表 2-33	サイロ燃料用の薪の入手源.....	67
表 2-34	サイロ燃料用薪確保のための森林再生プログラム参加組合員数の推移.....	70
表 2-35	1ha 当たりの森林再生事業の財務分析結果.....	71
表 2-36	植林の条件.....	71

表 2-37	流域保全関連法令のまとめ	72
表 2-38	流域保全関連法令での数値的規制のまとめ	72
表 2-39	河川流域での保護林再生法 No.4241/10 の実施に係る大統領令の草案	72
表 3-1	各生態系が占める面積	73
表 3-2	パラグアイにおける確認された動植物種と絶滅種の状況	80
表 3-3	パラグアイにおける絶滅危惧種の状況	80
表 3-4	公定保護区の面積 (2007 年)	85
表 3-5	県別の保護区面積 (2006 年時点)	87
表 3-6	森林面積の推移 (単位: 1,000ha)	87
表 3-7	パラグアイの県別自然林面積 (2002 年) (単位: ha)	88
表 3-8	Mesa Forestal Nacional が調査した森林被覆面積 (2003 年)	88
表 3-9	森林に指定されている主たる機能 (2010 年)	89
表 3-10	南米各国の先住民族の比率 (2000 年)	91
表 3-11	パラグアイにおける語族と先住民族分類	91
表 3-12	県別の先住民族世帯数と人口 (2002 年)	92
表 3-13	先住民族の東部及び西部地域の人口比率変化 (1981 年から 2002 年)	93
表 3-14	農村人口及び農業人口の推移 (1996 年から 2011 年)	93
表 3-15	各県の農村人口 (2002 年)	94
表 3-16	エコツーリズム対象の野生生物保護区	95
表 3-17	国際条約批准状況	98
表 3-18	主要開発パートナーによる支援案件例	99
表 4-1	カアグアス県及びアルト・パラナ県の保護区及び面積 (2007 年)	108
表 4-2	県別の保護区面積 (2006 年時点)	108
表 4-3	カアグアス県及びアルト・パラナ県の森林面積 (2002 年) (単位: ha)	111
表 4-4	イグアス貯水池周辺における土壌侵食及び流出状況	119
表 4-5	イグアス河流域上流域における土壌侵食及び流出状況	121
表 4-6	イグアス河流域内のカアグアス県内の市	125
表 4-7	イグアス河流域内のアルト・パラナ県の市	127
表 4-8	イグアス河流域に係るカアグアス県 10 市の人口統計 (2002 年)	128
表 4-9	イグアス河流域に係るアルト・パラナ県 3 市の人口統計 (2002 年)	131
表 4-10	イグアス河流域内・市町の農家数及び農場面積 (2008 年)	131
表 4-11	イグアス河流域内・市町の農業生産者の国籍 (2008 年)	132
表 4-12	イグアス河流域内・市町の農家の土地所有状況 (農家数) (2008 年)	132
表 4-13	イグアス河流域内・市町の農家の土地所有状況 (面積) (2008 年)	133
表 4-14	イグアス河流域内・市町の農家の土地利用状況 (2008 年)	133
表 4-15	イグアス河流域内・市町の農家の借入先状況 (2008 年)	134
表 4-16	イグアス河流域内・市町の農家の組織加入状況 (2008 年)	134
表 4-17	イグアス河流域内・市町の土壌流出対策実施農家数 (2008 年)	135
表 4-18	イグアス河流域内及び周辺の先住民族コミュニティ	136
表 4-19	イタイプ公団管理の生態系保護区	141

表4-20	MAGがカウンターパートを務めるイグアス河流域周辺案件.....	141
表4-21	イグアス河流域内の協同組合.....	147
表4-22	国内NGOの活動.....	148
表4-23	イグアス水力発電所発電計画概要.....	151
表4-24	事業費内訳.....	151

図 一 覧

図I	イグアス河流域の位置及び地形.....	iii
図II	イグアス河流域の土地利用状況.....	iv
図III	東部地域の森林伐採状況.....	v
図IV	アルト・パラナ森林再生構想.....	viii
図2-1	パラグアイ国領土の変遷.....	4
図2-2	パラグアイの陰影起伏表.....	6
図2-3	パラグアイの山岳地帯.....	7
図2-4	パラグアイの気候区分表.....	9
図2-5	パラグアイの平均気温等温線表.....	11
図2-6	パラグアイの年平均降雨・等雨線表.....	13
図2-7	パラグアイの水系表.....	14
図2-8	パラグアイ河、パラナ河及びピルコマジョ河の位置関係表.....	15
図2-9	ラプラタ河水系流域区分表.....	16
図2-10	パラグアイの地方行政区分表.....	18
図2-11	パラグアイの地方行政区分と県庁所在地.....	19
図2-12	パラグアイの県別面積表 (単位: km ²).....	21
図2-13	各県の人口密度比較表 (単位: 人/km ²).....	23
図2-14	大豆生産の適性に係るゾーニング図 (2005年).....	25
図2-15	麦類生産の適性に係るゾーニング図 (2005年).....	27
図2-16	綿花生産の適性に係るゾーニング図 (2005年).....	29
図2-17	メイズ生産の適性に係るゾーニング図 (2005年).....	31
図2-18	パラグアイにおけるナショナルグリッド図.....	41
図2-19	隣国ブラジル及びアルゼンチンとの電力売買状況.....	42
図2-20	パラグアイにおける水力発電開発ポテンシャル.....	46
図2-21	MOPC、ANDE、イタイプ公団及びヤシレタ公団の関連組織図.....	47
図2-22	パラグアイの土壌区分.....	50
図2-23	土壌の農業適用性分布図 (2005年).....	51
図2-24	パラグアイの土壌劣化分類図.....	53
図2-25	イタイプ貯水池及び流域図.....	60
図2-26	イタイプ貯水池周辺状況図.....	61
図2-27	イタイプ貯水池右岸環境影響エリア.....	62
図2-28	右岸及び左岸の保護区.....	63
図2-29	イタイプ貯水池周辺保全植生帯整備の概要.....	64
図2-30	小流域ごとの土地利用図.....	65
図2-31	土壌侵食ポテンシャル図.....	65
図2-32	土壌流出モニタリング地点.....	66
図2-33	CCU支部 (イタブア県).....	68
図2-34	CCU支部 (アルト・パラナ県).....	68

図 2-35	CCU・PRADAM 対象流域.....	70
図 3-1	パラグアイ及び隣国に跨る各生態系区分図 (1)	74
図 3-2	パラグアイ及び隣国に跨る生態系区分図 (2)	75
図 3-3	パラグアイ国内における生態系区分と保護区との関係.....	76
図 3-4	各生態系における植生	77
図 3-5	チャコ地域における絶滅危惧種.....	81
図 3-6	湿潤チャコ地域における絶滅危惧種.....	82
図 3-7	アトランティックフォレストにおける絶滅危惧種	83
図 3-8	保護区の位置図 (2007 年)	84
図 3-9	県別の先住民族分布図 (2002 年)	92
図 3-10	SEAM 組織図	97
図 3-11	INFONA 組織図.....	98
図 4-1	イグアス河流域の位置図.....	100
図 4-2	イグアス河流域周辺地形図 (1940 年代)	101
図 4-3	イグアス河流域の陰影起伏図.....	101
図 4-4	カアグアス県全体の陰影起伏図.....	102
図 4-5	カアグアス県周辺標高	103
図 4-6	イグアス河流域と流域内小河川及びアカラウ河位置図.....	104
図 4-7	イグアス河流域を含むカアグアス県の小流域分割図	105
図 4-8	イグアス河流域の土壌農業適用性分布図.....	106
図 4-9	カアグアス県における各市の土壌の農地適正状況図 (1999 年)	107
図 4-10	申請中のイグアス民間保護区の現在の植生及び土地利用図.....	109
図 4-11	計画保護区のゾーニング案.....	110
図 4-12	保護区内の危険地域	111
図 4-13	アトランティックフォレストの森林伐採状況 (1900 年から 2000 年)	113
図 4-14	東部地域における森林分布状況 (1950 年代)	114
図 4-15	東部地域の森林分布状況 (2009 年)	115
図 4-16	イグアス河流域における森林喪失状況 (1990 年から 2010 年)	116
図 4-17	カアグアス県各市における森林伐採状況 (1999 年から 2006 年)	117
図 4-18	カアグアス県市町区分図 (2002 年)	124
図 4-19	イグアス河流域内のカアグアス及びアルト・パラナ県の市位置図	125
図 4-20	アルト・パラナ県市町区分図 (2002 年)	126
図 4-21	イグアス流域及びイタイプダム湖流域に係るアルト・パラナ県の位置図.....	127
図 4-22	カアグアス県各市の人口密度 (2002 年)	129
図 4-23	カアグアス県各小流域の住居数.....	130
図 4-24	カアグアス県における先住民族コミュニティ位置図.....	137
図 4-25	各先住民族コミュニティの人口比較図.....	138
図 4-26	先住民族コミュニティの人口密度分布図.....	139
図 4-27	選定された小流域内の先住民族コミュニティ分布図.....	140
図 4-28	MAG 組織図	142

地 図



Map No. 3760 Rev. 3. UNITED NATIONS
June 2004

Department of Peacekeeping Operations
Cartographic Section

写 真

イグアス湖周辺及び中流域河川状況



メノナイト系大農大豆栽培：
等高線栽培は未実施、貯水池方向に土壌流出
が発生する可能性が高い。



小農によるキャッサバ畑と原生林：
残された原生林保全と原生林再生が必要で
ある。



貯水池南側湖畔：
緩傾斜の放牧地でも赤土の露出があり、降雨
による陸域からの土壌流出は免れない。



波浪浸食状況：
1m の波浪により高勾配陸域の侵食度が高
い。グリーンベルト設置が急務である。



中流域の河川及び湿地帯状況：
土壌流出による河道閉塞や湿地帯劣化はそれ
ほど顕著ではない。



中流域の河川及び湿地帯状況：
湖畔のユーカリ植林地。法令的には在来種
植林が適切である。

イグアス湖北部ブラジル系入植地の育苗・植林状況



民間業者による育苗施設



同左



上記民間業者によるユーカリ植林状況：
苗木から6年ほどで5mほどに成長する。



上記民間業者による在来種植林状況：
自然再生林となるまでに7年ほどかかるとのこと。

イグアス自然環境委員会育苗施設及び植林活動



育苗場施設



同左



植林状況：
植林を開始して6年ほど経っている。



同左



イグアス湖湖畔のグリーンベルト設置のための実験的植林事業



左記周辺の大畑の状況：等高線栽培が実施されていないため、土壌流出に対しては無防備である。農道の土砂止め用の窪地もない。

イグアスダム（最下流端）



イグアスダム直下・放流状況：
ANDEはダム近傍の原生林を保護林として
SEAMに申請中である。



イグアスダム直下流状況：



イグアスダム貯水池右岸状況：
ダム直上における堆砂は1.6mほどである。



イグアスダム貯水池左岸状況：

イグアス河上流域状況 (1)



上流域の非機械化小農による伝統的な綿花、キャッサバ、メイズの栽培が行われている。土壌侵食対策は全く行われていない。



上流域の土壌状況：
砂質分を多く含む特徴がある。



上流域河道状況：
土壌流出による河道の閉塞があり河道の池化がある。



同左：
土壌流出によって放牧用のフェンスが数メートル堆積している。



道路路肩状況：
放牧地からの土壌流出がみられる。斜面保護工のための植生あるいは構造物がない。道路の土砂流出の河道化がある。



同左：
急こう配の道路が降雨時の河道になり、大量の土砂が湿地帯や小河川に流れ込んでいる。

イグアス河上流域状況 (2)



ブラジル系入植地近傍の農道状況：
降雨時の土壌侵食、流出状況がうかがえら
れる。



同左：
道路路肩斜面の浸食状況。道路勾配が急であ
るため、路肩の浸食程度も高い。



新設道路のカルバート建設現場：
小河川に対する環境保全の対策工が実施され
ず、激しい降雨による土砂流入によって河道
閉塞が発生する可能性がある。

イタイプ公団育苗場、グリーンベルト及び保護区状況 (1)



イタイプ公団による育苗施設：
ブラジル側との技術協力連携がある。



同左：
育苗技術は欧米の最新技術も導入している。



保護区周辺のグリーンベルト植林状況：
周辺のコミュニティとの連携協力が行われている。



同左：
設置されているフェンスは3度目である。森林再生におけるフェンス設置の重要性を再確認する。



保護区の在来種植林状況：
鳥類に配慮して果樹種を植林している。すでに自然再生林となっている。



保護区に対するフェンス設置状況：

イタイプ公園育苗場、グリーンベルト及び保護区状況 (2)



保護区イタイプ湖湖畔：
ブラジル側からの外来種樹木がみられる。



同左：水域部での植生に関しては改善の余地がある。植生帯のサブゾーン方式が必要である。



保護区の貯水池湖畔状況：
手前の植生部分に土砂流出防御の効果があるとみられる。水域部分では原生林より草などのサブゾーン帯が必要である。



同左：
外来種の牧草が部分的に残っているのがみられる。

略 語 表

AFD	Agencia Financiero de Desarrollo	開発金融機関
ANDE	Administración Nacional de Electricidad	電力公社
BNF	Banco Nacional de Fomento	国立勸業銀行
CAH	Crédito Agrícola de Habitación	農業金融公庫
CCU	Cooperativa Colonias Unidas	コロニアス・ウニーダス 農協
CIC	Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata	ラプラタ河流域内政府 間調整委員会
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora	ワシントン条約
CONAM	Consejo Nacional del Ambiente de Paraguay	国家環境審議会
DGEEC	Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos	統計局
EC	European Commission	ヨーロッパ共同体
EL	Elevation	標高
ESMAP	Energy Sector Management Assistance Program	エネルギー・セクター管 理支援プログラム
FAO	Food and Agriculture Organization	国際連合食糧農業機関
FECOPROD	(正式名称不明)	パラグアイ生産組合連 合会
FVSA	Fundación Vida Silvestre Argentina	アルゼンチン野生生物 基金
GEF	Global Environment Facility	地球環境ファシリティ
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
GLASOD	Global Assessment of Human-induced Soil Degradation	地球規模土壌劣化評価 会議
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	ドイツ技術協力公社
ha	hector	ヘクタール
IDB	Inter-American Development Bank	米州開発銀行
INDERT	Instituto Nacional de Desarrollo Rural y de la Tierra	国立農村開発農地院
INFONA	Instituto Forestal Nacional	国立森林院
IPTA	Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria	パラグアイ農業技術研 究所
IUCN	International Union for Conservation of Nature	国際自然保護連合
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
kV	Kilo Volt	キロボルト

kWh	Kilo Watt Hour	キロワットアワー
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería	農牧省
MOPC	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones	公共事業通信省
MP	Ministerio Público	検察庁
MSPyBS	Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social	厚生社会福祉省
MUSLE	Modified Universal Soil Loss Equation	修正一般土壌流出方程式
MW	Mega Watt	メガワット
NPCC	National Plan on Climate Change	国家気候変動政策
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
PRADAM	Programa de Adecuación Ambiental	環境適応計画
PRODERS	Proyecto de Desarrollo Rural Sostenible	持続的村落開発プロジェクト
PAL		森林法順守プログラム
PTI	Parque Tecnológico Itaipú	イタイプ・テクノロジカルパーク
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation	改訂一般土壌流出方程式
SAPROF	Special Assistance for Project Formulation	案件形成促進調査
SEAM	Secretaria del Ambiente de la Presidencia de la República	大統領府環境庁
SENATUR	Secretaria Nacional de Turismo	大統領府観光庁
SFN	Servicio Forestal Nacional	林野庁
SIGAS	Sistema de Gestión Ambiental y Social	ANDE の環境評価に係るシステム
SINASIP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Paraguay	パラグアイ野生保護区体系
SISNAM	Sistema Nacional del Ambiente	国家環境制度
UNA	Universidad Nacional de Asunción	アスンシオン国立大学
UNEP	United Nations Environment Programme	国連環境計画
USAID	United States Agency for International Development	米国国際開発庁
USLE	Universal Soil Loss Equation	一般土壌流出方程式
WB	World Bank	世界銀行
WCMC	World Conservation Monitoring Centre	世界資源モニタリングセンター
WWF	World Wildlife Fund	世界自然保護基金

要 約

1. 調査目的と調査内容

パラグアイ国（以下、「パラグアイ」と記す）は、をボリビア国（北部及び西部）、アルゼンチン国（南部）、ブラジル国（東部）と接する内陸国であり、我が国の約 1.1 倍にあたる（406,752km²）面積を持つ。国土はパラグアイ河が中央を南下し、東西に対照的な 2 地域（西部地域・東部地域）に大別されている。西部地域は、非常に乾燥した地域で経済活動が少なく、人口も少ない（総人口の約 3%）。一方、東部地域は、パラグアイ主流河川である、パラグアイ河、パラナ河に囲まれ、水資源の多い地域であり、経済活動が活発でパラグアイの総人口の 9 割以上を占めており、西部地域と比較し、正反対の特徴を有している。主流河川のうちパラナ河についてはイタイプ発電所（ブラジル国境）及びヤシレタ発電所（アルゼンチン国境）が整備されており、水力による発電供給が豊富な国である。また、パラナ河の支流にあたるアカラウ河には 1969 年に稼働を開始した、パラグアイで一番古いアカラウ発電所があり、本発電所の電力をウルグアイ国に販売する方針もあり、パラグアイ政府にとって重要な施設となっている。

そのアカラウ発電所の夏場の水位を調整するためにイグアス河にダムが建設されたが、これを有効活用するため、現在、円借款「イグアス水力発電所建設計画（PG-P15）」が実施中である。他方、1970 年代以降、イグアス湖流域において大規模な農業開拓が始まったため森林伐採とそれに伴う流域の荒廃が進み、現在も状況は年々悪化していると言われている。この森林面積減少に起因する土壌流出、イグアス湖への土砂堆積に伴う将来的なイグアス発電所の機能低下、加えて流域内の小農や原住民の生活への悪影響も懸念されており、対応策が急務となっている。しかしながら、イグアス湖流域の現状に関する正確なデータや情報をパラグアイ側は有しておらず、具体的な対策の検討までには至っていないのが現状である。

本件調査は、対パラグアイ援助の重点課題である「貧困層の生計向上」の枠組みにおいて、持続的な環境保全の視点を踏まえた効果的なアプローチ等を検討するために必要な情報収集・分析を行うことを目的とする。

本調査は、流域保全に係る以下の項目に関する調査を実施する。

- (1) 関連機関（中央及び地方）との協議及び情報収集
- (2) 円借款「イグアス水力発電所建設計画（PG-P15）」の現状把握
- (3) イグアス河流域の調査及び概況把握
- (4) ゾーニング案及びアクションプラン案の提案

2. パラグアイ流域保全の動向

流域単位の保全関連事業

- (1) ピルコマジョ河流域土壌流出及び河道閉塞対策：

ヨーロッパ共同体（European Commission : EC）（当時）の協力により 1995 年 2 月、「ピルコマジョ河総合開発 3 ヶ国委員会」が設置された。2006 年、EU 支援が終了している。

- (2) セントラル県のウパカライ湖水質汚濁対策：

下流直下に森林保護区が設置され、水質改善など流域全体の流域保全事業が展開された。

(3) パラナ河イタイプ水力発電開発に伴う流域環境保全事業：

世界銀行（World Bank：WB）融資などによって開発された水力発電事業であるが、貯水池周辺及び流域全体の環境保全対策がイタイプ公団によってパラグアイ及びブラジル両国で過去 25 年以上行われている。同様に、ヤシレタ水力発電に伴う流域保全事業もヤシレタ公団（パラグアイ及びアルゼンチン両国）によって進められている。

小農による環境保全型植林事業

(1) イタプア県コロニアス・ウニーダス農協（Cooperativa Colonias Unidas：CCU）「小農による燃料用薪の植林事業支援」：

農協による小農の植林に対するマイクロファイナンスと生産木材の買い取り及びサイロ用燃料利用化という地域経済メカニズムを構築し、過去 10 年間継続実施している。本事業はパラグアイ生産組合連合会（FECOPROD）及び国際連合食糧農業機関（Food and Agriculture Organization：FAO）支援で進められている森林計画のモデルケース（成功例）になっている。

(2) イタプア県 CCU の環境適応計画（Programa de Adecuación Ambiental：PRADAM）：

イタプア県 CCU が 2004 年から実施している。大統領府環境庁（Secretaria del Ambiente de la Presidencia de la República：SEAM）との協定により、河川沿いのバッファゾーン幅は 20m から開始している。樹種は在来種のみである。小農の参加はわずかである。フェーズ 1 は 2004 年からで、衛星が画像による調査が主体である。2008 年からはフェーズ 2 で苗木の植林を開始した。霜による影響が大きい。植林より自然林を 10m ほど残す方法や柵を設置する方法が効果的である。

(3) 世界自然保護基金（WWF）支援森林法順守プログラム（PAL）：

世界自然保護基金（World Wildlife Fund：WWF）は 2005 年からピラポ市でパイロットプロジェクトとしてト PAL を開始し、2008 年にはサンタ・リタ市で開始した。WWF の他、SEAM、国立森林院（Instituto Forestal Nacional：INFONA）及び検察庁（Ministerio Público：MP）が参加、法令に基づく森林再生プログラムである。PAL の内容と成果については詳細を確認する必要がある。

流域保全関連法令のまとめ

- 森林法 No.422（1973 年）：土地開発に係る森林の保全保護。
- 大統領令 No.18831（1986 年）：水域に係るバッファゾーンの設置。
- 保護区法 No.352（1994 年）：保護区の制定。
- 植林及び森林再生法 No.536（1995 年）
- 東部地域森林地域の転換及び変換に係る規制法（いわゆるゼロ森林伐採法）No.2524（2004 年）
- 環境サービス法 No.3001/06：森林法 No.422 の順守に関する法律。
- 水資源法 No.3239（2007 年）：2006 年には、SEAM 庁令 No.170 で水委員会設置が規定された。
- 河川流域での保護林再生法 No.4241（2010 年）：本法令の実施に係る大統領令は現

在素案の段階である。

3. 対象地域の自然環境に係る基礎データ

現地調査報告書では、パラグアイ及び対象地域の自然環境に係る基礎データを収集し分析した。本要約では、イグアス河流域に関する以下の情報を示す。

イグアス河流域位置及び地形

本調査を通じて作成されたイグアス河流域の位置図と地形図は図 I のとおりである。



流域面積は 5,033km² であり、貯水池面積は流域の 12% (620km²) を占め、貯水容量は 85 億 m³ に達する。

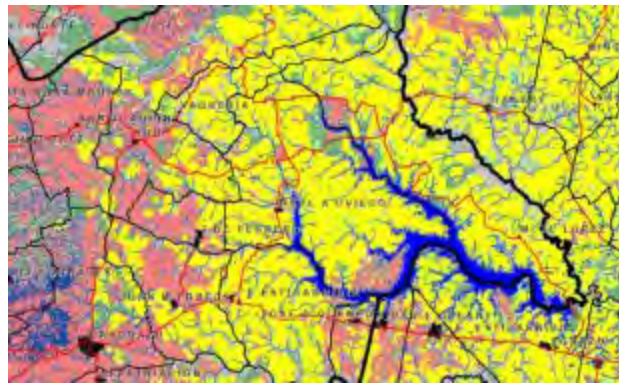
出典：調査団作成

流域内最高標高は約 400m、貯水池面標高は約 200m 程度であり、流域の高低差は 200m と小さい。

図 I イグアス河流域の位置及び地形

イグアス河流域の土地利用状況

本調査を通じて作成されたイグアス河流域の土地利用図は図 II のとおりである。



2011年9月のイグアス河流域の衛星画像を示す。貯水池周辺の機械化大農による大豆栽培地域及び上流域の非機械化小農による栽培地域や原生林の存在が示される。

大農で主に大豆やメイズを生産する機械化農業（黄色）や小農で綿花・メイズ・キャッサバなどを生産する非機械化農業（ピンク色）などを示す。

出典：調査団作成

図. 11 イグアス河流域の土地利用状況

4. 対象地域の社会経済状況

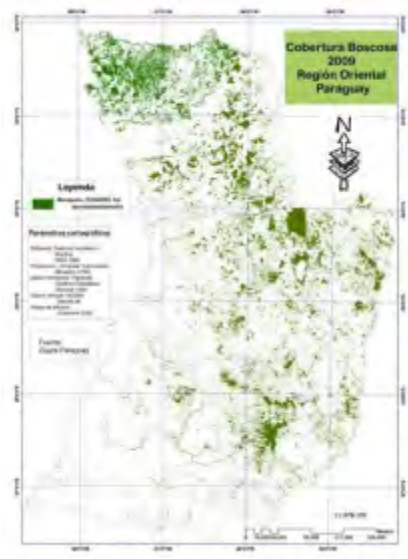
以下に、イグアス河流域の社会経済状況を示す。

- (1) イグアス河流域内・地方行政区分：カアグアス県（11市）、アルト・パラナ県（3市）
- (2) 農村人口：カアグアス県：29万8千人（農村人口比率：68.4%）、アルト・パラナ県：18万8千人（農村人口比率：33.7%）
- (3) 主要産業：カアグアス県：農業、牧畜、木工業、アルト・パラナ県：農業、牧畜、林業
- (4) 先住民族：カアグアス県：対象流域内に幾つかの定住地あり、アルト・パラナ県：対象流域内に定住地なし
- (5) エコツーリズム：カアグアス県：エコツーリズム対象地域はなし、アルト・パラナ県：イタイプダム貯水池周辺の4つの保護区

5. 森林伐採や土壌流出の程度の分析

森林伐採の程度

東部地域全体では、1950年代に893万haあった森林は2009年時点で224万haまで減少している（図Ⅲ参照）。イグアス河流域では、2012年時点で流域の約10%程度まで森林面積が激減している。



出典：WWF

図. III 東部地域の森林伐採状況

土壌流出の程度

(1) 貯水池周辺

- イグアス湖湖岸に面する大農による大豆栽培地状況：おおむね不耕起栽培を実施しているが、等高線栽培を行っておらず、貯水池方向に向かって直接土壌流出が発生する可能性が高い。
- イグアス湖湖畔の波浪浸食状況：湖面では1mほどの波浪が発生しており、貯水池水面に対しての陸域の勾配が高いため、浸食の程度が高い。貯水池周辺の適切なグリーンベルト設置が急務である。
- イグアス湖湖畔：貯水池面に対して勾配の緩い放牧地も広がっている。勾配が緩いので比較的波浪浸食の程度は低い、グリーンベルトがないため赤土が露出し激しい降雨による陸域からの土壌流出は免れない。
- イグアス入植地の大豆畑の状況：不耕起栽培によって土壌流出は激減しているが、等高線栽培を十分実施していないため貯水池に対しての土壌流出に対しては無防備である。農道の土砂止め用の窪地もない農地が多い。

(2) 上流河川域

- 上流域の小農による非機械化農業の状況：伝統的農業により綿花やキャッサバ、メイズなどを栽培している。土壌流出に対する対策は全く行われていない。流出した土砂は農道を通じて湿地帯、小流域に流れ込んでいる。
- 上流域に位置する小流域河川の状況：土砂によって河川閉塞が生じて、一部池化している。陸域からの土砂流入で、放牧用のフェンスが数メートル堆積したため、新しくフェンスを設置した様子が分かる。小河川沿いのグリーンベルトも存在しない。
- 上流域放牧地からの土壌流出状況：道路の斜面崩壊が随所で発生している。道路建設に伴う斜面保護工のための植生あるいは構造物の設置がほとんど行われていない

のが実情である。道路が土砂流出の河道となっている。

- 上流域の道路のカルバートの状況：小河川に対する環境保全対策工が全く行われていない。激しい降雨による土砂流入によって河道閉塞が発生する可能性が高い。

6. 森林伐採や土壌流出の要因や発生プロセス、その結果として生ずる環境や地域経済への影響

森林伐採の要因及び発生プロセス

- (1) 対象地域を含む東部地域の東側半分は、1945年まで広大な森林（アルトパラナ・アトランティック森林）にほぼ全面的に覆われていた。
- (2) パラグアイにおける森林消失は、主として農牧用地の拡大によるものである。
- (3) その主たる原因は、道路の整備により農地拡大と入植が容易になったことや森林伐採による農牧地拡張を促進するような政策や農地改革などによるものである。
- (4) カアグアス県（イグアス河流域の大部分を占める）の森林面積は、2008年で15万6,000haであり、86年から08年までに消失した森林面積は、約2倍の32万4,000haである。大規模・中規模生産者による大豆畑や放牧地の拡大が森林伐採の主たる原因である。
- (5) 経済成長をもたらした森林伐採は、農牧業の生産増加や入植地の拡大、木材や炭の生産のための1プロセスとして行われてきた。

土壌流出の要因及び発生プロセス

- (1) 自然資源に対する適切な土地管理が行われないうちに土地利用が変化したり、森林伐採が進んだりした結果、引き起こされている。
- (2) 東部地域では、耕起と播種の時期に激しい降雨（日雨量が200mmから280mmにも達する）があり、土壌侵食の原因になっている。
- (3) 土壌侵食は、小農が実践する伝統的な農業（イグアス河流域では上流域のパラグアイ人入植地）が行われている土地で頻繁に発生している。また、自然あるいは栽培されている牧草地での過放牧によっても土壌侵食が起きている。
- (4) イグアス湖周辺では大農による集約的機械化農業が行われているが、全体の90%で直播による不耕起栽培が実施されているため土壌侵食は比較的抑えられているが、農道部の浸食対策が遅れている。また、等高線栽培はブラジル系入植地域の大農では実施されているが、メノナイト及び日系入植地域ではあまり導入されていないことが問題である。
- (5) 人為的な原因による土壌劣化及び侵食率は、土地の傾斜、降雨パターン、土地利用形態、地域の人口密度変化や農業活動の機械化、化学肥料の拡大、工業化などさまざまな因子と関係している。パラグアイにおいては、土壌劣化に関する数値的情報が乏しいが、平均的な土壌侵食率としては、約10t/ha/年という推定値があり、南東部の玄武岩質の土壌においては、最低でも平均30t/ha/年という推定値があり大きな差がみられる。

環境や地域経済に及ぼす影響

(1) 森林破壊

- 林業のための原料不足
- 薪の不足（特にサイロの乾燥用燃料として需要が多い）
- 農地内に残っている森林への破壊圧力（特に、湧水地や河川付近の森林に対する圧力が大きい）
- 野生動植物の減少

(2) 土壌流出

- 土壌の生産性の低下
- 水源及び湿地帯の消失
- 河川水流の閉塞
- 貯水池調整容量（洪水及び常時）の減少
- 貯水池の水質の悪化

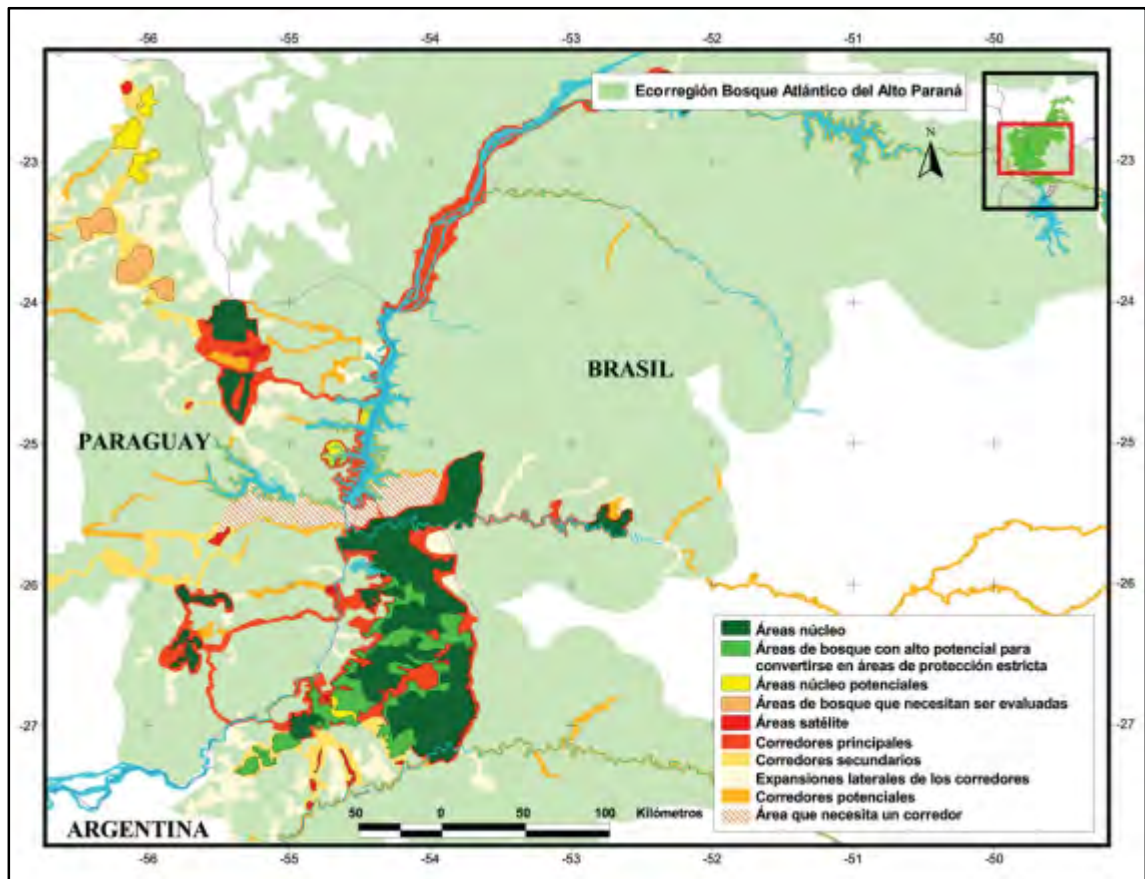
7. イグアス湖流域を保全するニーズアセスメント

生態学的な必要性

(1) 森林の再生

現在、WB やイタイプ公団の資金援助を得て、地球環境ファシリティ（Global Environment Facility : GEF）及び農牧省（Ministerio de Agricultura y Ganadería : MAG）がアトランティックフォレスト再生プロジェクトを今年開始する予定である。また、WWF はアルゼンチンの非政府組織（Non-Governmental Organizations : NGO）であるアルゼンチン野生生物基金（Fundación Vida Silvestre Argentina : FVSA）と共同で「アルト・パラナ森林再生構想」を 2003 年に発表し、イグアス河南部のモンダウ河流域で森林再生パイロットプロジェクトを実施中である。

図IVに、WWFのアルト・パラナ森林再生構想を示す。



出典：WWF

図. IV アルト・パラナ森林再生構想

上図の灰色地域が、アルト・パラナアトランティックフォレスト生態地域である。イグアス河流域に関しては、上流河道、貯水池周辺の緑地帯及びダム下流河道が「潜在的な回廊」及びイグアス河貯水池南部地域とアカラウ河南部地域が「回廊が必要な領域」と認識されている。アルゼンチン側の国立公園では、国際協力機構（Japan International Cooperation Agency：JICA）が技術協力プロジェクト「イグアス地域自然環境保全計画プロジェクト」を2004年から2007年まで実施している。

アトランティックフォレストの再生では、イグアス河流域は位置的に重要拠点である。アトランティックフォレストの再生は水域に沿った森林回廊によって分断された保護林を繋ぐことが生態学的に第1段階として重要であり、イグアス河流域における流域保全の実施が森林回廊の推進上の意義が非常に大きい。

(2) 湿地帯及び河川流域の復元・保全

上流域で行われている非機械化農業は小農であるため、土壌侵食を防止する栽培方法を適切に実践していないのが実情である。また多くの牧草地も存在している。現地調査でも散見されたように、貯水池上流の3河川及びそれらの支流では、表層浸食による土砂流入によって湿地帯が消失の危機にある。また河川流域も土砂による閉塞する可能性が高い。

(3) 先住民族の生活向上支援

森林の伐採によって、従来流域の森林において狩猟などを行っていたインディオの生活圏が狭められている。定住化したインディオに対する生活向上のための支援を流域保全上考慮する必要がある。

環境保護及び保全型農業の必要性

(1) 機械化農業（大農及び一部小農）

大豆生産を主体とする大農及び小農の多くは、不耕起栽培を 1983 年以来実施しており、土壌侵食量は大きく軽減していると思われる。しかし、等高線栽培は一部を除いてほとんど採用されていない。また、貯水池周辺の大農は設置すべき緑地帯を法令に準じて実施していないのが大きな問題となっており、実現可能な緑地帯の設置を電力公社（Administración Nacional de Electricidad : ANDE）と連携して進める必要がある。

(2) 非機械化農業（小農）

基本的な土壌侵食防止対策の実施が遅れている。また、流域の保全に係る法令が順守されていない。早急に、現実的で実行可能な土壌侵食対策及び流域保全に係る植林事業の実施が必要である。

環境保護及び保全型の水力発電事業の必要性

(1) 貯水池保全

ANDE はイグアス湖（満水位+0.5m）を所有地としているが、所有地を示す杭やフェンスなどが正確な測量を基に設置されていない。貯水池保全上フェンスの設置は重要であり、それによって貯水池周辺の緑地帯（グリーンベルト）の幅や内容を検討する基となる。緑地帯の設置は法律で定められているがまだ実施されておらず、貯水池に直接流入する土壌を防止できていない。グリーンベルト設置に係る植林技術、土地収用、農地所有者との合意形成を早急に図ることが必要である。

成功例として、イタイプ貯水池があり、そうした成功例や日本及び世界の事例から具体的な解決方法を図る必要がある。また、貯水池全体の深浅測量を過去 40 年実施していないため、貯水池に流入し堆積した土砂量を把握できていない。少なくとも 1 年に 1 回は GPS や水深測定用ソナーなどを使って調査すべきである。今後の貯水池堆砂モニタリングや流域の土壌侵食モニタリングに適用できる。

(2) 流域保全

実際問題として、ANDE は貯水池以外の河川流域に関して管理義務はない。主管官庁は SEAM であるが、イタイプ公団は、これまで SEAM や地方自治体との連携によって流域全体の保全や自然保護にも力を注いでいる。こうした活動や日本及び世界の事例などを参考に、積極的に流域保全に係る活動を展開する必要がある。現在、イグアス湖のダム直上での堆砂は過去 40 年で 1.6m 程度であり、ダム管理運用上の問題はない。しかし、貯水池最上流端の状況を見ると過去 40 年ではかなりの堆砂量があると推察できるので、持続

的な貯水池運用のためには上記の貯水量モニタリングは重要である。

第1章 はじめに

1-1 調査の背景

パラグアイ共和国（以下、「パラグアイ」と記す）は、ボリビア多民族国（北部及び西部）、アルゼンチン共和国（南部）、ブラジル連邦共和国（東部）と接する内陸国であり、我が国の約1.1倍にあたる（40万6,752km²）面積を持つ。国土はパラグアイ河が中央を南下し、東西に対照的な2地域（西部地域・東部地域）に大別されている。西部地域は、非常に乾燥した地域で経済活動が少なく、人口も少ない（総人口の約3%）。一方、東部地域は、パラグアイ主流河川である、パラグアイ河、パラナ河に囲まれ、水資源の多い地域であり、経済活動が活発でパラグアイの総人口の9割以上を占めており、東部地域と比較し、全く正反対の特徴を有している。

主流河川のうちパラナ河についてはイタイプ発電所（ブラジル国境）及びヤシレタ発電所（アルゼンチン国境）が整備されており、水力による発電供給が豊富な国である。また、パラナ河の支流にあたるアカラウ河には1969年に稼働を開始したパラグアイで一番古いアカラウ発電所があり、本発電所の電力をウルグアイに販売する方針もあり、パラグアイ政府にとって重要な施設となっている。

そのアカラウ発電所の夏場の水位を調整するためにイグアス河にダムが建設されたが、これを有効活用するため、現在、円借款「イグアス水力発電所建設計画（PG-P15）」を実施中である。他方、1970年代以降、イグアス湖流域において大規模な農業開拓が始まったため森林伐採とそれに伴う流域の荒廃が進み、現在も状況は年々悪化していると言われている。この森林面積減少に起因する土壌流出、イグアス湖への土砂堆積に伴う将来的なイグアス発電所の機能低下、加えて流域内の小農や原住民の生活への悪影響も懸念されており、対応策が急務となっている。しかしながら、イグアス湖流域の現状に関する正確なデータや情報をパラグアイ側は有しておらず、具体的な対策の検討までには至っていないのが現状である。

1-2 調査の目的

本件調査は、対パラグアイ援助の重点課題である「貧困層の生計向上」に対し、持続的な環境保全の視点を踏まえた効果的なアプローチ等を検討するために必要な情報収集・分析を行うことを目的とする。

1-3 調査業務内容

本調査業務は、総括の指示の下、JICAパラグアイ事務所が備上するローカルコンサルタントとともに、流域保全に関する以下の調査を行うことである。

(1) 国内準備期間（5日間：2011年12月5日～9日まで）

- 1) 本件にかかわる既存資料（円借款本体事業、各種作成資料、ホームページ等）の収集を行う。
- 2) 現地調査行程、調査手法、資料入手方法等を検討し、JICA地球環境部と協議する。
- 3) 現地説明資料（和文）（案）の作成に協力する。
- 4) 対処方針会議（TV会議）等に参加する。

(2) 現地派遣期間（104日間：2011年12月12日～2012年3月24日まで）

- 1) パラグアイの ANDE、県庁及び市役所等の関係地方行政機関との協議に、他の調査団員（ローカルコンサルタント等を含む）とともに出席する。
- 2) JICA パラグアイ事務所及び ANDE を通じ、同円借款事業に関する情報を収集し、現状を把握する。
- 3) 対象地域の地方行政機関（県庁、市役所）を訪問し、現状把握・基礎情報収集、整理・分析を行う。
- 4) 対象地域の現地踏査を実施し、流域の概況について把握する。
- 5) ローカルコンサルタントによる各種業務の進捗状況の把握、各種主題図の精査、対象地域のゾーニング（案）及びアクションプラン（案）等に関する JICA パラグアイ事務所による監督・監理等に協力する。
- 6) 現地報告書（案）（和文、西文）の作成に協力する。
- 7) JICA パラグアイ事務所等へ調査結果を報告する。

(3) 帰国後整理期間（5日間：2012年3月26日～30日まで）

- 1) JICA 地球環境部へ担当分野の調査結果を報告する。
- 2) 担当分野の調査報告書（和文）を作成する。
- 3) 調査報告書（案）（和文）の作成に協力する。

1-4 調査の実施体制

本調査は、パラグアイ側カウンターパート（Counterpart：CP）機関を ANDE とし、以下に示す実施体制の下で行われた。

表 1-1 調査実施体制

担当業務	担当者	備考
(1) 総括	JICA パラグアイ事務所 次長 藤城一雄	1) 調査の総括
(2) 協力企画	JICA パラグアイ事務所 副班長 平井孝文	1) 調査の調整 2) ローカルコンサルタント業務の監督・監理
(3) 流域保全	国際開発アソシエイツ（株） 白石眞之	1) ローカルコンサルタントとの共同現地調査 2) 関連情報の収集、整理及び分析 3) ローカルコンサルタント業務の監督・監査への協力
(4) 通訳	加藤実（現地事務所備上）	1) 流域保全調査の通訳及、翻訳及びアシスト
(5) 現地再委託	ローカルコンサルタント （現地事務所備上）	下記参照。

出典：調査団作成

JICA パラグアイ事務所が備上したローカルコンサルタント（Global Consultores 社）の委託調査項目は、以下に示すとおりである。

- 既存情報の収集（対象流域の概況、関連する法令、主要農作物等）
- 衛星画像の購入と解析
- 対象地域の現地踏査
- 土地利用図作成
- 貴重種マップ作成（貴重な植物、野生動物等の分布図）
- エロージョン・ハザードマップ作成
- 大農・小農・インディオ等を識別するためのアクターマップ作成
- その他

1-5 調査の構造

本調査では、調査対象であるイグアス河流域のみならず、流域保全に関連するパラグアイ全体の関連情報収集分析を含むことにより調査対象の状況をより明確化することに努めた。

本調査報告書は、次の各章で構成される。

第2章は、地方行政区分及び人口、地理、農業、森林管理、電力、土壌侵食、流域保全管理等に関するパラグアイ全体の概要を基礎情報として説明する。

第3章は、自然環境に関する情報について国内準備期間中に JICA 地球環境部より提供された資料（パラグアイ共和国の自然環境概要）を基に、現地調査によって更に詳細な情報を収集・整理・分析し、取りまとめる。

第4章は、自然環境・地形、天然資源の住民による利用状況、自然環境の劣化状況・程度・原因・因果関係、社会経済状況、流域保全の実施体制、上位政策・戦略・資源管理計画及び土地利用計画、政府及び住民のニーズ、他の開発パートナーの支援状況、イグアス水力発電事業（PGP-15）の現状などイグアス河流域の現況について情報を収集・整理・分析し取りまとめる。

第5章は、ローカルコンサルタントによる業務の精査・監督及び監査協力、イグアス河流域を保全するニーズアセスメント、流域保全上解決すべきギャップと課題、課題解決のためのアプローチ、対象地域のゾーニング案及びアクションプラン案などに関する調査結果を取りまとめる。