

東南アジア地域
メコン河委員会 (MRC)

東南アジア地域
メコン流域の流域管理・環境保全に係る
情報収集・確認調査

ファイナルレポート

令和元年 9 月
(2019 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 建設技研インターナショナル
株式会社 パスコ
一般社団法人 ジョフカ

環境
JR
19-056

東南アジア地域
メコン河委員会 (MRC)

東南アジア地域
メコン流域の流域管理・環境保全に係る
情報収集・確認調査

ファイナルレポート

令和元年 9 月
(2019 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 建設技研インターナショナル
株式会社 パスコ
一般社団法人 ジョフカ

報告書構成

要約

目次	i
プロジェクト対象地域位置図.....	v
表一覧	ix
図一覧	xii
写真一覧	xiv
添付資料一覧	xiv
略語集.....	xv

目次

第1章 調査概要	1-1
1.1 背景	1-1
1.2 目的	1-1
1.3 業務対象地域	1-1
1.4 調査期間、調査範囲および実施体制	1-2
1.5 相手国等主要関係機関	1-3
1.6 作業手順および実施スケジュール	1-4
第2章 現状把握	2-1
2.1 気候変動による流域管理モデル	2-1
2.1.1 Decision Support Framework (DSF)	2-1
2.1.2 SAWT モデル（流出計算）	2-3
2.1.3 IQQM モデル	2-4
2.1.4 ISIS モデル	2-6
2.1.5 本業務で採用する水理解析モデル	2-6
2.2 気象水文データ収集	2-6
2.2.1 MRC Date Service	2-6
2.2.2 観測データ項目	2-7
2.2.3 データのアーカイブ状況	2-8
2.3 ダム	2-12
2.4 気候変動	2-14
2.5 Council Study のレビュー	2-17
2.5.1 メコン河流域の特徴	2-17
2.5.2 地形	2-18
2.5.3 土地利用	2-19
2.5.4 水力ダム開発	2-20
2.5.5 洪水	2-22
2.5.6 自然環境	2-24
2.5.7 水産資源	2-26
2.5.8 メコン河流域の環境への主な影響	2-27
2.5.9 気候変動の影響	2-36
2.6 森林被覆図の作成	2-38
2.6.1 各国の森林被覆図整備状況	2-38
2.6.2 既存図の適用や新規図作成に関する検討	2-39

第3章 現状分析	3-1
3.1 森林被覆図	3-1
3.1.1 森林被覆変換推移の把握	3-1
3.1.2 ホットスポット1の抽出	3-3
3.2 森林減少及び劣化分析	3-6
3.2.1 各国の森林政策状況	3-6
3.2.2 森林減少ドライバーの把握、ヒアリングの結果を要約	3-66
3.2.3 メコン流域の森林減少・劣化	3-88
3.3 潜在的な課題	3-102
3.3.1 森林の機能	3-102
3.4 民間連携・民間事業促進	3-104
3.4.1 民間連携の必要性及びその背景	3-104
3.4.2 民間連携調査の目的および方法	3-104
3.4.3 調査結果	3-107
3.5 森林減少によるメコン河への影響	3-117
3.5.1 森林減少シナリオ	3-117
3.5.2 SWTA Model の土地利用ファイル	3-118
3.5.3 水文解析	3-125
3.5.4 ホットスポット2の抽出	3-129
第4章 国内支援委員会	4-1
4.1 第1回国内支援委員会	4-1
4.2 第2回国内支援委員会	4-2
第5章 現地セミナー及び国内セミナー	5-1
5.1 セミナー等概要	5-1
5.2 現地セミナー及び国内セミナーの概要	5-1
5.2.1 キックオフセミナー	5-1
5.2.2 中間ワークショップ	5-2
5.2.3 ラップアップセミナー	5-4
5.2.4 本邦招へい	5-5
5.2.5 国内セミナー	5-7
第6章 課題と提言	6-1
6.1 メコン河流域の森林保全	6-1
6.1.1 森林保全に対する課題	6-1
6.1.2 これまでに日本との協力によってメコン流域で実施されてきた関連プログラム	6-3
6.1.3 森林保全のために実施すべきアプローチ	6-9
6.1.4 森林保全に対する提案	6-21

6.2 民間連携ビジネスの考察.....	6-25
6.2.1 民家連携ビジネスの方向性.....	6-25
6.2.2 民間連携・促進事業に必要な資金についての考察.....	6-27
6.3 メコン河の流域管理.....	6-29
6.3.1 生態系の確保.....	6-29
6.3.2 食料安全の確保.....	6-29
6.3.3 良好な水環境の確保.....	6-29
6.3.4 気候変動への適応.....	6-30
6.3.5 流域一貫の土砂管理.....	6-31
6.3.6 その他：基礎調査に関する提言.....	6-32

Lower Mekong River Basin

(in 5 Countries: Cambodia, Lao PDR, Myanmar, Thailand and Viet Nam)



プロジェクト対象地域位置図

Landsat Index Covering Lower Mekong River Basin

(in 5 Countries: Cambodia, Lao PDR, Myanmar, Thailand and Viet Nam)



プロジェクト対象地域位置図 (LANDSAT シーンとの重ね合わせ)

表一覧

表 1.1	日本側実施体制（調査団）	1-3
表 1.2	各国の国家メコン委員会の内訳.....	1-4
表 1.3	主な作業手順	1-4
表 2.1	各要素モデルの概要	2-2
表 2.2	推奨される気象水文観測所の配置密度（WMO, 単位 km ² ）	2-8
表 2.3	気象水文データの整備状況（カンボジアとラオス）	2-10
表 2.4	気象水文データの整備状況（タイ、ベトナム）	2-11
表 2.5	CCAI(2015)における気候変動検討条件	2-14
表 2.6	Council Study の開発シナリオ	2-14
表 2.7	シナリオ別流出計算結果一覧（期間 1985 年～2008 年）	2-16
表 2.8	メコン川流域集水域	2-17
表 2.9	2007 年時点の土地利用	2-20
表 2.10	2040 年の土地利用（予測）	2-20
表 2.11	LMB 内の水力発電ダムプロジェクト.....	2-20
表 2.12	水力発電ダムの主な諸元	2-21
表 2.13	2000 年及び 2011 年洪水の死者数及び損失額.....	2-22
表 2.14	水質項目の監視濃度と閾値	2-24
表 2.15	想定される水資源開発、土地開発、気候変動のシナリオ.....	2-27
表 2.16	開発シナリオに基づく水資源開発セクターの正味現在価値(NPV).....	2-28
表 2.17	メコン河本川の水力発電ダムの最大貯水面積.....	2-29
表 2.18	流域平均土砂流出量	2-30
表 2.19	開発シナリオに基づく水資源開発セクターの正味現在価値(NPV).....	2-34
表 2.20	森林被覆図作成状況	2-38
表 2.21	検証結果	2-41
表 3.1	利点及び不利点の概要	3-1
表 3.2	分類項目とコード	3-1
表 3.3	ホットスポット県	3-4
表 3.4	カンボジアの対日主要品目別輸出入<通関ベース>9.....	3-9
表 3.5	カンボジアの森林定義	3-10
表 3.6	カンボジアの植生	3-10
表 3.7	植生別の森林面積（REDD+定義、2016 年） 10	3-11
表 3.8	カンボジアの森林の分類と管轄	3-13
表 3.9	CF の登録状況	3-18
表 3.10	森林局による植栽実績	3-18
表 3.11	PES への取り組み	3-19

表 3.12	カンボジアの REDD+4 要件の進捗状況	3-20
表 3.13	ラオスの森林定義	3-23
表 3.14	ラオスの土地森林分類システムと各タイプ別面積	3-24
表 3.15	ラオスの森林の分類	3-26
表 3.16	森林減少・劣化要因と対応プログラム	3-31
表 3.17	ラオスの REDD+4 要件の進捗状況	3-32
表 3.18	タイの対日主要品目別輸出入<通関ベース>	3-35
表 3.19	タイの植生分布	3-36
表 3.20	地域別の森林面積	3-37
表 3.21	CF の登録状況	3-45
表 3.22	AURA PES の概要	3-46
表 3.23	タイの REDD+4 要件の進捗状況	3-47
表 3.24	森林及び緑地分野の方法論	3-48
表 3.25	ベトナムの対日主要品目別輸出入<通関ベース>	3-52
表 3.26	ベトナムの森林定義	3-52
表 3.27	ベトナムの森林分類と各タイプ別面積	3-53
表 3.28	ベトナムの森林の分類	3-56
表 3.29	ベトナム森林開発戦略のプログラム	3-58
表 3.30	ベトナム国家 REDD+行動計画概要	3-60
表 3.31	森林利用権及び賃貸の体系	3-62
表 3.32	ベトナムの REDD+4 要件の進捗状況	3-64
表 3.33	現地調査の訪問県	3-66
表 3.34	県聞き取りの取りまとめフォーマット	3-66
表 3.35	森林減少の進行例	3-89
表 3.36	インタビュー実施県の森林減少・劣化ドライバーまとめ	3-89
表 3.37	メコン流域 4 ヶ国の道路・鉄道網とアジアハイウェイ路網延長の変化	3-91
表 3.38	水力発電ダムプロジェクトの色分け基準	3-92
表 3.39	メコン本流域で計画中の水力発電ダム	3-93
表 3.40	メコン支流で委託済の 15MW 以上水力発電ダムプロジェクト	3-93
表 3.41	違法伐採のパターンと関与者	3-94
表 3.42	違法伐採が起こっている県の状況	3-95
表 3.43	各国の電化率 (2016) と人口	3-96
表 3.44	カンボジアの薪炭材採取状況	3-96
表 3.45	森林の多面的機能	3-102
表 3.46	日本の森林の多面的機能の貨幣評価	3-103
表 3.47	調査対象となった組織リスト	3-106
表 3.48	SWAT モデルの土地利用コード	3-118
表 3.49	メコン河流域のサブ流域および HRU の数	3-119
表 3.50	A4 サブモデルにおける年間水収支	3-128

表 3.51	SWAT モデルによる蒸発散量の算定結果（1985 年～2008 年の年平均）	3-129
表 4.1	国内支援委員	4-1
表 4.2	第 1 回国内支援委員会概要	4-1
表 4.3	第 2 回国内支援委員会概要	4-2
表 5.1	キックオフセミナー概要	5-1
表 5.2	中間ワークショップ概要	5-2
表 5.4	ラップアップセミナー概要	5-4
表 5.5	本邦招へい概要	5-5
表 5.6	国内セミナー概要	5-7
表 6.1	森林減少・劣化ドライバーと関連する課題	6-1
表 6.2	森林減少・劣化ドライバー以外のメコン流域の森林に関する課題	6-2
表 6.3	課題のグループ化	6-3
表 6.4	これまでに日本の協力によって実施されたメコン流域の森林保全に関するプロジェクト	6-4
表 6.5	JICA の森林保全アプローチと課題の対応	6-8
表 6.6	森林管理・保全のための持続可能な資金の調達	6-9
表 6.7	メコン流域の森林動態のモニタリング管理活動	6-12
表 6.8	民間企業の持続的森林管理活動への参画促進	6-14
表 6.9	森林の Eco-DRR 機能の活用	6-16
表 6.10	持続可能な林業システムと木材バリューチェーンの確立	6-18
表 6.11	メコン流域各国の FSC 認証の取得状況	6-20
表 6.12	木質エネルギーの持続可能な利用体制の構築と代替エネルギーへの転換の検討	6-20

図一覧

図 1.1	調査対象域	1-2
図 1.2	流域各国の占有域	1-2
図 1.3	メコン河委員会組織図	1-3
図 1.4	ホットスポット特定手順	1-6
図 1.5	作業スケジュール（2019年6月時点）	1-6
図 2.1	MRC Toolbox の構成	2-1
図 2.2	MRC Tool Box の構成	2-2
図 2.3	流域分割図（SWAT モデル）	2-3
図 2.4	LMB の主要河川流域	2-4
図 2.5	IQQM 出力地点	2-5
図 2.6	Data Service & Download のサイト	2-6
図 2.7	Master Catalogue のサイト	2-7
図 2.8	降雨観測所位置図	2-8
図 2.9	水位観測位置図	2-8
図 2.10	メコン河本川ダム位置図	2-12
図 2.11	メコン河支川ダム位置図	2-12
図 2.12	Xayaburi ダム	2-13
図 2.13	Don Sahong ダム	2-13
図 2.14	経済シナリオ別ハイドログラフ	2-15
図 2.15	メコン河流域	2-17
図 2.16	メコン河流域地形	2-18
図 2.17	2007年現在の土地利用マップ	2-19
図 2.18	現在及び将来の水力ダムの位置図	2-21
図 2.19	100年洪水の浸水範囲	2-23
図 2.20	河岸防御工事完成位置	2-23
図 2.21	メコン河および支川バッサック川の水質項目の空間分布（2004年）	2-25
図 2.22	湿地位置図	2-26
図 2.23	GCM と RCP の定義	2-28
図 2.24	シナリオ別メコン河 年平均 TSS 負荷量	2-31
図 2.25	流れ込み式発電	2-32
図 2.26	シナリオ別の農業地域の推定	2-33
図 2.27	開発シナリオ別の農地面積と森林面積の予測	2-34
図 2.28	メコン河流域主要都市からの全リンと全窒素排出負荷	2-36
図 2.29	2018年版土地被覆データ（タイムシリーズ土地被覆データ）	2-40

図 3.1	Tree Cover 面積と農業地面積の変化図.....	3-3
図 3.2	ホットスポット県	3-5
図 3.3	Tree Cover 面積と農地面積変	3-6
図 3.4	Tree Cover 面積と農地面積変	3-6
図 3.5	カンボジア地図	3-8
図 3.6	カンボジアの土地利用/被覆図 2016	3-11
図 3.7	カンボジアの森林面積推移	3-12
図 3.8	森林局の組織体制	3-14
図 3.9	環境省の組織体制	3-15
図 3.10	ラオス地図	3-22
図 3.11	ラオスの森林タイプ分布図 2015	3-24
図 3.12	ラオスの森林面積推移	3-25
図 3.13	ラオスの森林減少及び森林劣化からの二酸化炭素排出量.....	3-26
図 3.14	森林局組織図	3-27
図 3.15	タイの地域分類	3-34
図 3.16	タイの森林被覆 2016-2017.....	3-36
図 3.17	タイの国家森林面積推移	3-38
図 3.18	タイの森林管理体制図	3-38
図 3.19	王室林野局の組織体制	3-39
図 3.20	国立公園野生動植物保全局の組織体制.....	3-40
図 3.21	海洋沿岸保全局の組織体制	3-40
図 3.22	ベトナム地図	3-50
図 3.23	ベトナムの行政システム	3-51
図 3.24	ベトナムの森林被覆図 201049	3-53
図 3.25	ベトナムの森林面積推移	3-54
図 3.26	ベトナムの森林減少及び森林劣化からの二酸化炭素排出量.....	3-54
図 3.27	森林タイプ別面積の推移	3-55
図 3.28	MARD 組織図	3-56
図 3.29	VNFOREST 組織図.....	3-57
図 3.30	PFES 収入の遷移	3-63
図 3.31	人口密度と森林被覆図の関係	3-88
図 3.32	メコン流域のダムプロジェクト	3-92
図 3.33	タイの森林火災面積推移	3-97
図 3.34	ベトナムの森林火災面積推移	3-97
図 3.35	メコン流域 4 カ国の代表的な農作物の農地面積の変化.....	3-99
図 3.36	メコン流域 5 カ国の水田面積の変化	3-99
図 3.37	2000 年を基準年にした場合の農地面積の増減.....	3-100
図 3.38	カンボジア 主要作物面積推移	3-100
図 3.39	ラオス 主要作物面積推移	3-100

図 3.40	タイ 主要作物面積推移	3-101
図 3.41	ベトナム 主要作物面積推移	3-101
図 3.42	天然ゴム価格の推移(USD/kg)	3-101
図 3.43	森林減少予測のための回帰直線例	3-117
図 3.44	SWAT モデルのサブ流域 (1/2)	3-120
図 3.45	SWAT モデルのサブ流域 (2/2)	3-121
図 3.46	2040 年の森林被覆面積の推定	3-122
図 3.47	シナリオ 1 における森林被覆面積の変化	3-123
図 3.48	シナリオ 2 における森林被覆面積の変化	3-124
図 3.49	SWAT モデルのサブモデル	3-125
図 3.50	メコン河流域からの年間流出量	3-125
図 3.51	メコン河本川の主要な水文観測所	3-126
図 3.52	メコン河本川の主要な観測所における年間流出量	3-127
図 3.53	A4 流域における水資源分布 (1980 年～2007 年の年平均)	3-127
図 3.54	ベースライン 2007 に対する流出ボリュームの変化	3-130
図 3.55	ベースライン 2007 に対するピーク流量の変化	3-131
図 5.1	セミナー等開催の流れ	5-1
図 6.1	植生の有無による土壌侵食量の違い (傾斜が 13° 以上の地域の測定値平均) ...	6-17
図 6.2	植生の有無による土壌への水の浸透量の違い	6-18

写真一覧

写真 5.1	キックオフセミナーの様子	5-2
写真 5.2	中間ワークショップの様子	5-3
写真 5.3	ラップアップセミナーの様子	5-5
写真 5.4	本邦招へいの様子	5-7
写真 5.5	国内セミナーの様子	5-8

添付資料一覧

添付-1	森林被覆率、残森林率、森林減少率および相関係数	A-1
添付-2	ホットスポット 1 における森林被覆面積と農地面積	A-5
添付-3	土地被覆図 1987 年から 2018 年 (32 年分)	A-9
添付-4	メコン流域における GCF アクセス状況	A-41
添付-5	Lancang-Mekong Cooperation LMC に関する情報収集資料	A-43
添付-6	セミナー等資料	A-51

略語集

AAN	: Alternative Agricultural Network	オルタナティブ農業ネットワーク タイ国の NGO
ADB	: Asian Development Bank	アジア開発銀行
ADPC	: Asian Disaster Preparedness Center	アジア災害準備センター
AE	: Accredited Entities	認証機関
AR-CDM	: Afforestation/Reforestation Clean Development Mechanism	植林によるクリーン開発メカニズム
AR5	: Fifth Assessment Report	IPCC 第5次評価報告書
BAU	: Business As Usual	現状趨勢
CBET	: Community-Based Eco-Tourism	住民主導型エコツーリズム
CDM	: Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
CDP	: Carbon Disclosure Project	国際 NGO の名称
CoC	: Chain of Custody	加工・流通過程
COD	: Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
C/P	: Counterpart	カウンターパート
CSR	: Corporate Social Responsibility	企業の社会的責任
CTCN	: Climate Technology Centre and Network	気候技術センター/ネットワーク
CTII	: CTI Engineering International Co., Ltd.	株式会社建設技研インターナショナル
D/FR	: Draft Final Report	ドラフトファイナルレポート
EIA	: Environmental Impact Assessment	環境影響評価
Eco-DRR	: Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction	生態系を活用した防災・減災
ELC	: Economic Land Concession	経済土地コンセッション
ESG	: Environmental, Social and Governance	環境、社会、企業統治を略した言葉。 ESG 投資など
EU	: European Union	欧州連合
FAO	: Food and Agriculture Organization	国際連合食糧農業機関
FR	: Final Report	ファイナルレポート
FRL	: Forest Reference Level	森林参照レベル
FSC	: Forest Stewardship Council	森林管理協議会
GCF	: Green Climate Fund	緑の気候基金
GCM	: Global Climate Model	全球気候モデル
GDP	: Gross Domestic Product	国内総生産
GHG	: Green House Gases	温暖化ガス
GIS	: Geographical Information System	地理情報システム
ICHARM	: International Centre for Water Hazard and Risk Management	水災害・リスクマネジメント国際センター
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
IQQM	: Integrated Water Quantity and Quality Simulation Model	統合的の水量水質シミュレーションモデル
JICA	: Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JOFCA	: Japan Overseas Forestry Consultants Association	一般社団法人ジョフカ

JST	: JICA Study Team	JICA 調査団
LANDSAT	: Land Satellite	ランドサット衛星
LMB	: Lower Mekong Basin	メコン河下流
MRC	: Mekong River Commission	メコン河委員会
NFMS	: National Forest Monitoring System	国家森林モニタリングシステム
NGO	: Non-Governmental Organization	非政府組織
NMC	: National Mekong Committee	国家メコン委員会
NRS	: National REDD+ Strategy	国家 REDD+ 戦略
NTFPs	: Non-Timber Forest Products	非木材森林資源
ODA	: Official Development Assistance	政府開発援助
PASCO	: PASCO CORPORATION	株式会社パスコ
PES	: Payment for Ecosystem Services	生態系サービスに対する支払い
PFES	: Payment for Forest Environmental Services	森林環境サービスに対する支払い
PPP	: Public Private Partnership	官民連携
RCP	: Representative Concentration Pathways	代表濃度経路
REDD+	: Reduction of Emission from Deforestation and forest Degradation	森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減
R-PP	: Readiness Preparation Proposal	準備提案書
RRI	: Rainfall Runoff Inundation Model	降雨流出氾濫解析モデル
SDGs	: Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SIS	: Safeguard Information System	セーフガード情報システム
SWAT	: Soil and Water Assessment Tool	土砂・水アセスメントツール
TOTP	: Total Phosphorus	全リン T-P と標記するケースもある。
TSS	: Total Suspended Solid	総浮遊物質
UMB	: Upper Mekong Basin	メコン河上流
UNDP	: United Nations Development Program	国連開発計画
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change	国際連合気候変動枠組条約
WB	: World Bank	世界銀行

要 約

1. 調査概要

1.1 背景

メコン河は、約 795,000 平方キロメートルの流域面積をもつ主要な国際河川の一つであり、その流域は 6 カ国に跨っている。メコン河流域は、食料、水、交通の面で地域住民の生活にとって欠くことのできない天然資源であり、同時に世界で最も生物多様性の高い地域の一つである。近年、メコン流域では、気候変動に起因すると考えられる極度の豪雨、長期的な渇水および洪水災害の規模が拡大していると言われており、災害の拡大は地域経済に大きな影響を与える。熱帯林の面積の減少と劣化は、地域の生物多様性の喪失と水資源の枯渇を引き起こすだけでなく、樹木や土壌に蓄積された二酸化炭素の排出を通じて世界規模で気候変動を加速させる。人口増加による開発や農地転換による森林資源の減少、これによる著しい生物多様性の喪失など、森林減少に対する様々な課題に対し、メコン流域諸国は、森林の持続可能な保全と生態系機能の維持に向けて協力していく必要がある。

このような状況の下、2016 年 9 月 7 日、ラオス・ビエンチャンで第 8 回日メコン首脳会談が開催された。安倍晋三首相は、メコン川流域における環境保全、特に森林資源の保護に貢献するための研究を開始する意向を表明した。その意図は、日本メコン連結イニシアチブプロジェクト（JMCI プロジェクト）および国際協力機構（以下「JICA」）の 1 つとして位置づけられ、本調査の実施が決定された。

1.2 目的

本調査は、気候変動による流域環境変化や森林資源の変化に焦点を当て、基礎情報を整理し、メコン河流域管理のための森林保全の現状把握、課題の抽出、今後の対応策を整理することを目的とする。

1.3 業務実施に関する情報

(1) 調査対象地域

カンボジア、ラオス、タイ、ベトナム、ミャンマーの流域 5 カ国を含むメコン河下流域（Lower Mekong Basin, LMB）

(2) 調査期間

2017 年 12 月 15 日から 2019 年 9 月 30 日

(3) 相手国等主要関係機関

- ・メコン河委員会（Mekong River Commission - MRC）
- ・各国の国家メコン委員会（National Mekong Committees）
- ・MRC 対話国：ミャンマー（環境保全森林省（MOECF）森林局（FD））
- ・メコン流域各国の関係省庁・部局、研究機関等（水資源管理管轄、森林資源管理管轄）
- ・関係援助機関等（アジア開発銀行、UNDP 等）
- ・民間セクター（民間企業、NGO 含む）

(4) 作業手順

本調査では、①開発等による森林面積が減少した地域、および②森林減少によって引き起こされる洪水や渇水等の影響を受ける潜在的に脆弱な地域、をそれぞれホットスポットとして定義した。

ホットスポット 1：森林面積の経年変化から森林減少が著しい地域（県レベル）を特定。

ホットスポット 2：ホットスポット 1 で検討した森林被覆の経年変化をもとに、将来（2040 年）における森林被覆を想定し、流域管理モデルを用いて流出量の算定、洪水および渇水の影響を受ける地域を特定する。

ホットスポット 1 に特定された地域を対象に、ヒアリングや現地調査を実施し、森林減少を引き起こした自然・社会的要因（森林減少ドライバー）の分析を行った。併せて、各国政府の森林管理機関や民間企業（本邦も含む）、NGO 等による実際の森林減少抑制のための取り組みを整理した。これらの分析を基に LMB における森林保全の提言を行った。

洪水や渇水を含む LMB の流域管理については、MRC が 2018 年 4 月に公表した Council Study において検討されている。そこで MRC の Council Study の分析およびホットスポット 2 の特定を通じ、LMB における流域管理の提言を行った。

2. 現状把握

2.1 気候変動による流域管理モデル

メコン河流域における森林減少や気候変動による環境面の影響を定量的に評価するためには、水文・水理モデルが必要である。MRC は解析モデルとデータ管理ツール、データ解析ツールを統合した MRC Toolbox を整備しており、その中の Modelling/Software ツールは Decision Support Framework (DSF)として活用されている。DSF の水文・水理解析モデルは①SWAT モデル、②IQQM モデルおよび③ISIS モデルの 3 つのモデルで構成されている。各要素モデルの概要は表 2.1 の通りである。

表 2.1 各要素モデルの概要

No.	モデル	概要
1	SWAT	米国 Department of Agriculture が開発した SWAT モデルは降雨等の気象データを用いて、流域の流出を算定するモデルである。土地利用や気候の変化といったシナリオの検討はこのモデルを用いて評価することができる。この結果は水理解析モデル等の時系列インプットデータ（上流端境界条件）となる。
2	IQQM	The Integrated Quantity and Quality Model (IQQM) は流域シミュレーションモデルであり、元々はオーストラリアの Murray-Darling 流域のために開発されたモデルである。IQQM は SWAT モデルのサブ流域からの流出をインプットとし、河川システムのシミュレーションを行うもので、ダムや灌漑などの水利用を考慮することが可能である。
3	ISIS	ISIS は水理解析モデルである。このモデルは HR Wallingford and Halcrow が開発したモデルであり、トンレサップ湖やメコンデルタを含む下流域の河川ネットワークのシミュレーションに使用される。潮汐やトンレサップ湖の逆流、複数の支川から流入、洪水期の自然氾濫などを考慮した複雑な水の挙動を表現できる。

出典：調査団

本調査では新たな域管理モデルを構築せず、MRC の DSF を利用することがキックオフセミナーにおいて MRC と合意された。

2.2 気象水文データ収集

MRC の Data Service & Download からダウンロードできる観測項目は以下の 11 項目である。

気象： 風速 (m/sec)、風向 (度)、日射量 (w/m²)、日射時間 (hrs.)、相対湿度 (%)、蒸発量 (mm)
大気温度 (°C)、大気圧 (hPa)

水文： 水位 (m)、流量 (m³/s) * 土砂濃度 (ppm)

なお、多くの観測所のデータは 2008 年までしか存在せず、2009 年以降のデータはダウンロードできなかった。これは Council Study の水文シミュレーションの検討において、ベースラインモデル (2007) が 1985 年から 2008 年までのデータを使用していることと関係があると考えられる。2009 年以降のデータが整理されていないから、2008 年までのデータしか使えなかった可能性があり、気象水文データの整備に課題があることが判明した。

2.3 Council Study のレビュー

MRC のメコン河流域の最新の流域管理に関する調査は Council Study においてまとめられている (公開は 2018 年 4 月)。Council Study では、将来の水資源開発や気候変動に関する複数のシナリオを設定し、社会経済的・水文学的な影響 (正と負の両面) を評価・分析している。

当初、本調査では、森林保全のアプローチからメコン河流域における持続可能な流域管理に関する調査を行う予定であったが、MRC との協議を通じ、Council Study の成果をフルに活用し、森林保全を含めた幅広い分野を対象に流域管理における課題と提言を整理した。

2.4 森林被覆図の作成

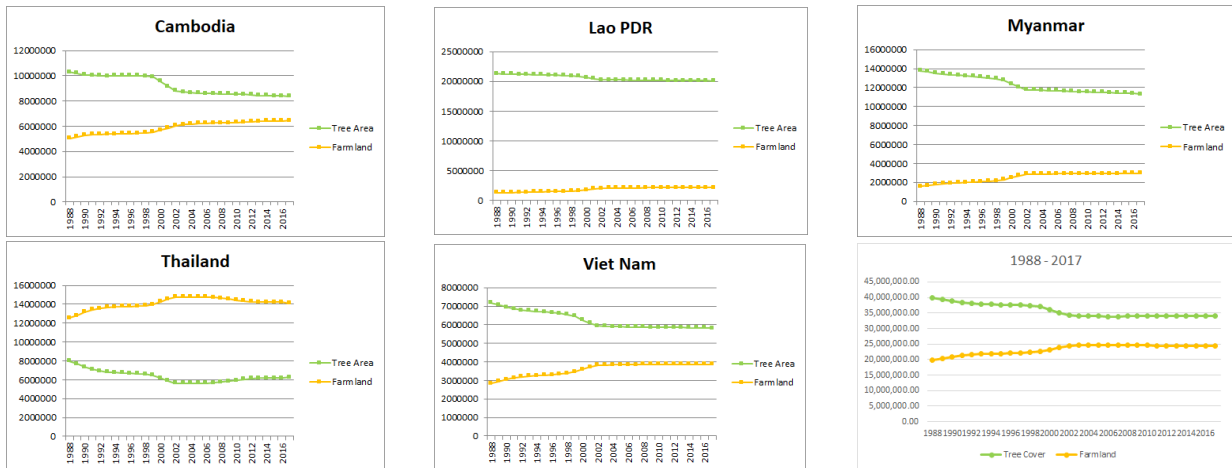
メコン河下流域の 5 か国における土地利用図の整備状況に関する調査を実施した。各国での土地利用図は、自国によるものだけでなく JICA を含む国際援助機関により整備されていることが判明した。調査開始当初は、各国の土地利用図を収集・統合し、2000 年から 2015 年にかけて 5 年毎にメコン河流域の森林被覆図を整備する方針であったが、各国における森林の定義が統一されていないこと、2000 年から 5 年おきに土地利用図が作成されていないこと、情報セキュリティの都合で全ての地図を収集できなかったこと、等の理由から、東南アジア地域の衛星画像データをアーカイブするタイ国を拠点に活動しているアジア災害センター (Asian Disaster Preparedness Center, ADPC) の土地被覆データを活用し、1987 年から 2018 年までの 32 年分の Tree Cover 図を作成した。

3. 現状分析

3.1 森林被覆面積の推移

衛星画像データから整備した 1987 年から 2018 年までの Tree Cover 図を用いて Tree Cover 面積の変遷に関する分析を実施した。

分析の結果、Tree Cover 面積と農地面積の相関が非常に高いことが判明した。これは地域住民の生計向上のための農地拡大が森林減少を引き起こしていることを示唆している。



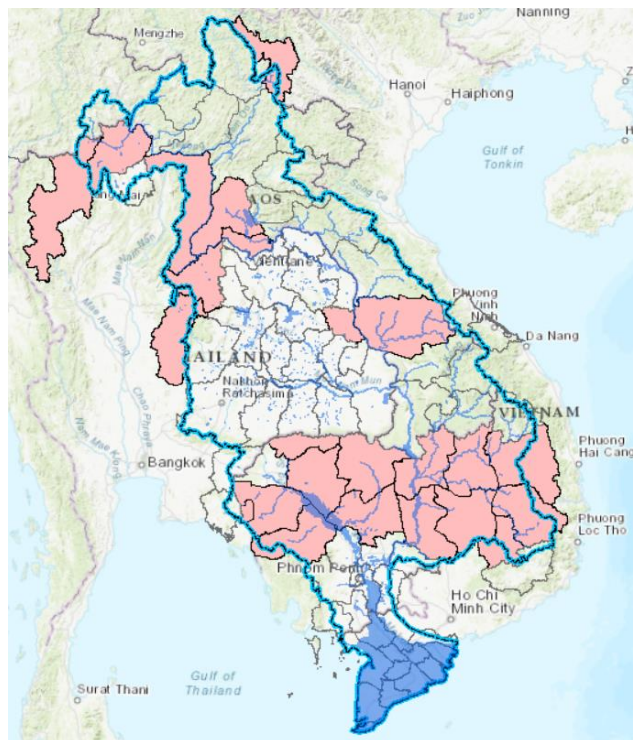
※経年変化の傾向をみるため 3 年移動平均で表示している

図 3.1 Tree Cover 面積と農地面積の変遷

3.2 ホットスポット 1 の抽出

整備した森林被覆図の経年変化からホットスポット 1 を抽出した。ホットスポット 1 は県単位整理し、以下に示す指標を用いて抽出した(図 3.2 参照)。

- 県に占める Tree Cover の割合 $\geq 50\%$
 - Tree Cover 減少レート $\geq 0.22\%/年$
 - 相関係数 ≤ -0.7
- (Tree Cover 面積及び農業地面積の変化の相関)



出典：調査団

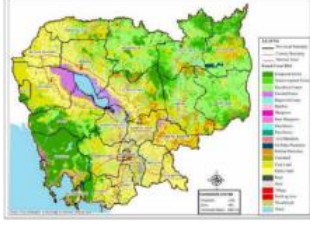
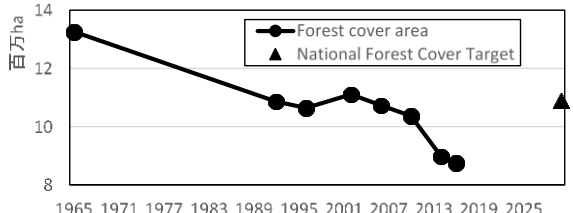

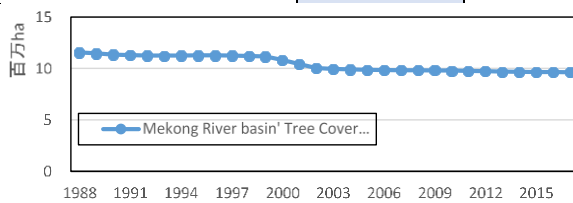
図 3.2 ホットスポット 1

3.3 森林減少および劣化分析

調査対象国5カ国のうち、カンボジア、ラオス、タイ、ベトナムの4カ国の森林に関連する状況を整理した。各国の森林状況の整理においては、各国の情報を取りまとめた『概要シート』（例を表3.1に示す）を作成し、『本文』で詳述をした。なおミャンマーについては、詳細な調査を行っていないため、概要シートのみを整理した。

各国での調査により、国レベルで分析した近年のメコン流域国の森林面積の動向は、ベトナムは増加、タイはほぼ一定、カンボジア、ラオス、ミャンマーが減少傾向であった。しかし、国全体では森林が増加傾向のベトナムも、メコン流域である中部高原では現在も森林減少が進んでいる地域である。このため、メコン流域全体の森林資源は依然として減少・劣化傾向にあることが明らかとなった。

表 3.1 各国概要シート例（カンボジア）


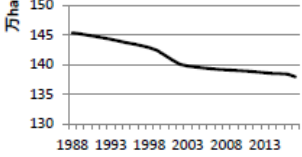



カンボジア王国概要シート		
国家面積	18,160,674 ha ¹	カンボジアの森林被覆状況(2016)
人口	1,600.5万人(2017年)	
人口増加率	1.48%(2018年) ⁶	
1人あたりGDP	1,509米ドル(2018年)	
実質GDP成長率	7.25%(2018年)	
森林面積	8,742,401 ha (2016年)	
森林率	48.14% (2016年)	
森林セクター目標	60% (天然ゴム、オイルパームを含む)	
森林定義	<ul style="list-style-type: none"> ・最小面積 0.5ha 以上、平均樹高 5m 以上、樹冠率 10%以上 ・森林再生地や隣地を含む ・国家の森林定義では天然ゴムやオイルパームは森林、REDD+では非森林 	
森林区分と管轄	永続森林 (Permanent Forest Estate: PFE,主に生産林等) : 農林水産省森林局 保護区以外の浸水林とマングローブ林 : 農林水産省水産局 保護区 (国立公園、野生動物保護区、保安林等) : 環境省 自然保全保護局 (GDANCP)	
森林面積の推移		
メコン流域面積	16,457,410 ha	カンボジアのメコン流域エリア
メコン流域県	Banteay Meanchey, Battambang, Kampong Speu, Kampong Chhnang, Kampong Thom, Kandal, Kratie, Krong Pailin, Mondul Kiri, Otdar Mean Chey, Phnom Penh, Pursat, Preah Vihear, Prey Veng, Ratanak Kiri, Siem Reap, Stung Treng, Takeo, Tbong Khmum	
メコン流域樹木被覆面積	8,384,248 ha	メコン流域樹木率 50.9 % (2017年)
メコン流域樹木被覆推移 (調査団)		

出典：調査団

3.4 森林減少ドライバーの把握、ヒアリングの結果をサマライズ

ホットスポット1として抽出した地域のうち22県を訪問し、現地の森林政策を担当する政府機関に対して森林状況等に関する聞き取り調査を実施した。各県での聞き取り調査結果はフォーマットにまとめた（例を表3.2に示す）。

表 3.2 聞き取りフォーマット例（ラオス国カムアン県）

ラオス国中部地域カムアン県						
農地転換	開発	薪炭材	森林火災	違法伐採	増加	その他
<p>県の概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 県面積: 160万 ha ■ 森林タイプ: 乾燥フタバカキ林、マツ広葉樹混交林、常緑広葉樹林 ■ 森林面積: 105.8万 ha(森林率 65%) (2018年) ■ 森林区分: 保護林(19箇所)、保全林(10箇所)、生産林(3箇所) 森林再生地域(Regeneration area: 2.1万 ha)、植林地(2.38万 ha) その他に村が管理する保護林や共有林 ■ 森林率目標: データ無 ■ 樹木被覆面積: 1,379,280ha(樹木被覆率 83.5%) (2017年) ■ 人口: 414,000人(人口密度 25.9人/km²) ■ 東はベトナム、西はメコン川をはさんでタイと国境を接している。 						
<p>県の樹木被覆の推移</p> 		<p>県の樹木被覆状況 (2018)</p> 				
<p>森林減少・増加の状況</p> <ul style="list-style-type: none"> ・森林減少の最大の要因はダム建設。2000年から稼働しているヒンブン川ダムと2005年から稼働しているナムトゥンダム2号の建設の際は、広範囲の森林がダム湖に沈んだ。 ・カムアン県では鉱山(銅、鉄、カリ等)開発も行われており、森林減少の2番目の要因となっている。 ・焼畑は少ない。県内ではベトナム国境のプラブーン郡でみられたが、規制が進みこれも減少している。 ・2015-16年の政令によって厳しい取締りが始まり、違法伐採も大きく減少した。現在もある違法伐採は、国境付近等の管理の目が届きにくい地域で、住民が数本単位で伐採するものである。 ・カムアン県はサトウキビのプランテーションに対する農業コンセッションは与えていない。しかし村が管轄する森林は、土地利用の決定権が村にあるため、森林からプランテーション等への転換も起こっている。 ・2017年時点の植林地面積2.38万haのうち、天然ゴムが7,350ha、ユーカリ(一部アカシア)が15,000haで、ユーカリは企業、天然ゴムは農民によるものが多い。これらの植林は近年(3~4年前)に始まった。 						
<p>課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・土地の分類区分は実施されているが、保護林区域として設定されたエリアの中にも村は存在しており、農業活動が実施されている場所もある。今後は、こういった土地利用の重複等の整理も必要である。 						
<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・以前は違法伐採がカムオン県の森林セクターの問題であった。しかし2015年以降取締りが強化されたことによって、違法伐採も減っており、状況は改善している。 						
 						

出典：調査団

3.5 メコン流域の森林減少・劣化

各国での調査結果により、メコン流域全体の森林資源は依然として、減少・劣化傾向にあることが判明した。森林減少・劣化を引き起こすドライバーについては、しばしば直接的要因（農地への転換や木材搬出等）と間接的要因から分析される。本調査では直接的要因を中心に、間接的要因の観点も含めて分析した。インタビューを通じて挙げられた各県の森林減少・劣化のドライバーを表 3.3 に整理した。各県で複数のドライバーが存在することが示されている。

表 3.3 インタビュー実施県の森林減少・劣化ドライバーまとめ

		農地転換			開発				新炭材		NTPPs	森林火災	違法伐採			海岸浸食
		政策	住民	土地	道路	居住	ダム	鉱山	軍	自家			販売	住民	組織	
ラオス	ウドムサイ		✓													
	ルアンパバーン		✓		✓		✓						✓			
	ビエンチャン		✓				✓	✓				✓	✓	✓		
	ボリカムサイ		✓		✓		✓									
	カムアン		✓				✓	✓						✓		
	サワナケート						✓						✓	✓		
	サラワン		✓					✓				✓				✓
	アタッパー		✓		✓		✓	✓						✓		
タイ	ウドンタニ		✓								✓	✓	✓			
	ムクダハン		✓								✓	✓	✓			
	コンケン		✓								✓	✓	✓		✓	
	チャイヤブーム		✓								✓	✓	✓		✓	
カンボジア	ウドンメンチェイ	✓	✓			✓			✓	✓		✓	✓	✓		
	シュムリアップ	✓		✓					✓				✓			
	プレアヴィヒア	✓	✓	✓		✓			✓				✓	✓		
	コンポントム	✓				✓				✓	✓	✓	✓			
	クラチェ	✓	✓						✓	✓			✓			
	コンポンスプー		✓	✓					✓	✓			✓			
ナムト	コンツム		✓									✓	✓			
	ラムドン		✓									✓	✓			
	カマウ												✓			✓

出典：調査団

3.6 森林減少によるメコン河への影響

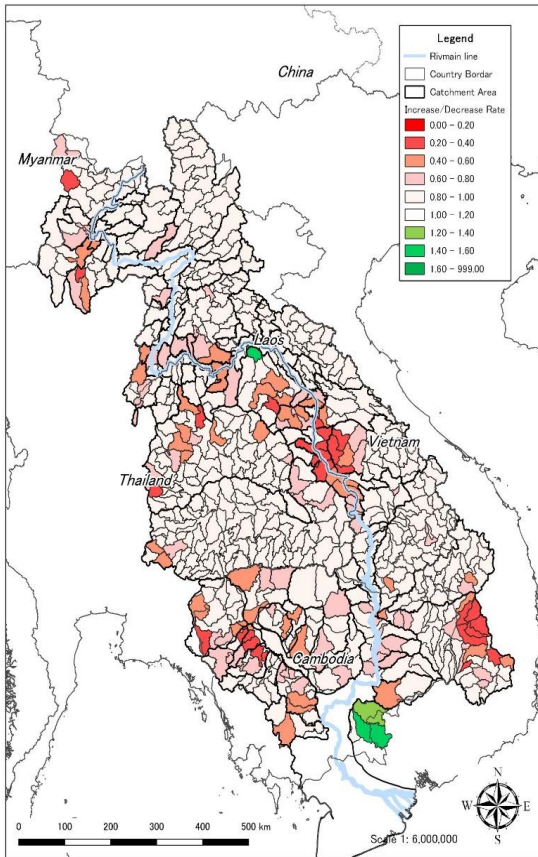
本調査においては、森林面積の変化による流況への影響を評価するために、2つのシナリオを設定した。

[シナリオ1：森林減少ケース] 森林被覆の経年変化を元に、2040年における森林被覆を予測した。多くの地域で森林面積が減少することが予想される。

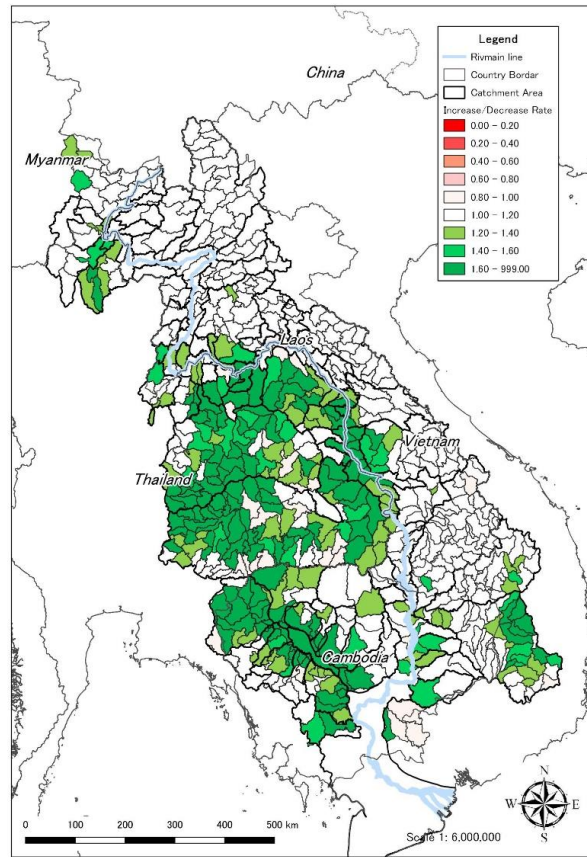
[シナリオ2：森林回復ケース] 理想的な森林保全のケースとして、1987年から2018年における過去最大の森林面積まで森林が回復したケースを想定した。

シナリオ1およびシナリオ2における森林面積の変化率を図3.3および図3.4に示す。

シナリオ1では幾つかの流域を除いて、2040年のメコン河流域の森林面積は減少が想定される。シナリオ2では、過去最大の森林面積まで回復することを想定している。タイ国の森林面積が増えているが、これは1980年代の森林伐採が特に大きかったことを示唆している。



出典：調査団



出典：調査団

図 3.3 シナリオ1における森林被覆面積変化

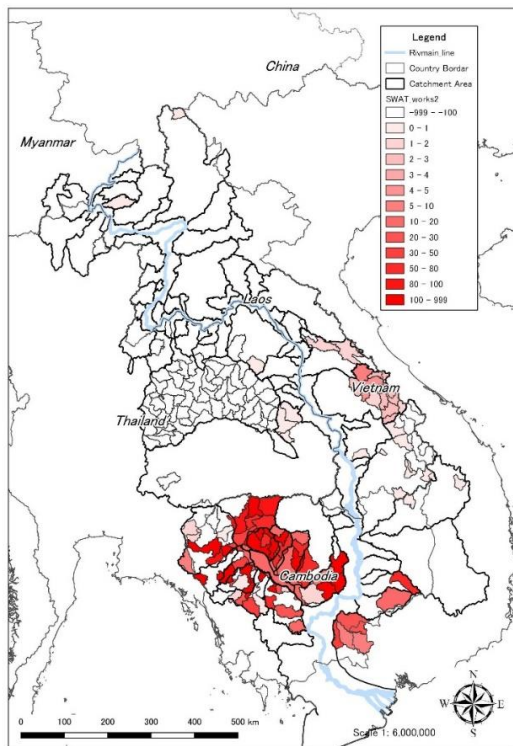
図 3.4 シナリオ2における森林被覆面積変化

3.7 ホットスポット2の抽出

森林減少によって引き起こされる洪水や渇水に対して脆弱となる地域をホットスポット2と定義し、その地域を抽出するために、森林シナリオの2ケース（森林減少と森林回復）における流出計算を実施し、ベースライン2007に対する流出ボリュームの変化を整理した（図3.5）。

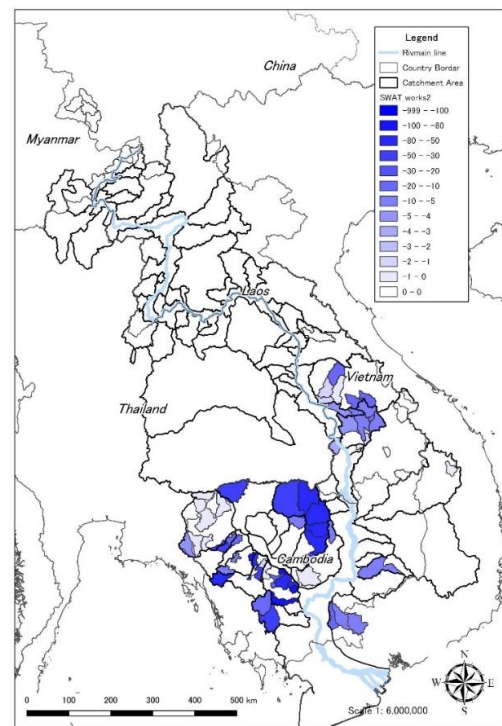
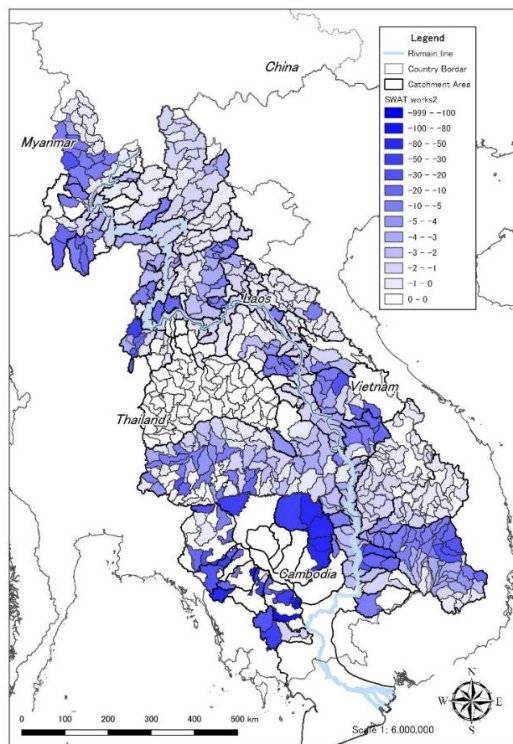
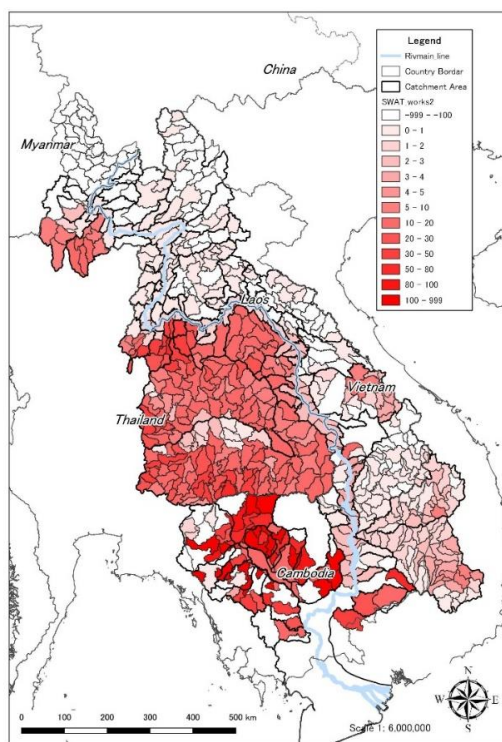
【シナリオ 1 (森林減少)】

(1) 流域からの年間流出ボリュームの増加



【シナリオ 2 (森林回復)】

(2) 流域からの年間流出ボリュームの減少



出典：調査団

図 3.5 ベースライン 2007 に対する流出ボリュームの変化

これによると森林が回復したケースの流出量が増大する結果となった。一般的に森林面積が増加すると森林域から蒸発散量が増加し、流出量が減ると考えられている。サブモデル流域（A4、主にラオス国北部）における水収支を整理すると、森林の回復によって洪水や土砂災害を引き起こす表面流出は減少する一方で、浸透量が増えて地下水涵養が進み、中間流出と基底流量が増大することでメコン河への総流出量が増えたこと確認された。

表 3.4 サブモデル流域（A4）における年間水収支

シナリオ	水資源分布 (mm) *1980年から2007年までの年平均						
	1.降雨	2. 蒸発および蒸発散量	3.表面流出	4.中間流出	5.浸透	6.基底流量	7.総流出 (3-6 合計)
ベースライン		702.2	466.08	196.34	755.61	642.16	1,304.58
1 森林減少	2,099.5	↑741.4	↑485.70	↓181.47	↓721.32	↓611.71	↓1,278.88
2 森林回復		↓634.0	↓455.66	↑205.03	↑815.54	↑693.44	↑1,354.13

本調査では、MRCの守秘義務の都合でMRC Tool boxのinputデータや結果全てを詳細に分析することができなかったが、今後MRCがTool boxを水資源管理のツールとして活用する場合は、データの更新（現在はベースモデルが2007年）に加え、蒸発と蒸発散（樹齢の違いによる蒸発散量の違い等）の設定について十分に考慮した検討が必要である。

4. 国内支援委員会

本調査では、業務方針、業務進捗及び成果品等に対して専門的な助言を得ることを目的とした国内支援委員会を2回開催した（表 4.1 参照）。支援委員会では以下の2名の委員に助言及び支援をいただいた。

表 4.1 国内支援委員

委員	所属	支援内容
小池俊雄	国立研究開発法人土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター (ICHARM) センター長	案件全体の助言 気候変動シナリオ及びその影響にかかる検討の支援 国内セミナー（2019/8/9）で基調講演を担当
沖 大幹	東京大学国際高等研究所サステイナビリティ学連携研究機構 教授	流域モデル評価の支援 案件全体の助言

5. セミナー等開催

本調査では、業務方針、業務進捗および成果品に関する協議、共有を主な目的として、3回の現地セミナー/ワークショップおよび日本国内での本邦招へいを開催した。

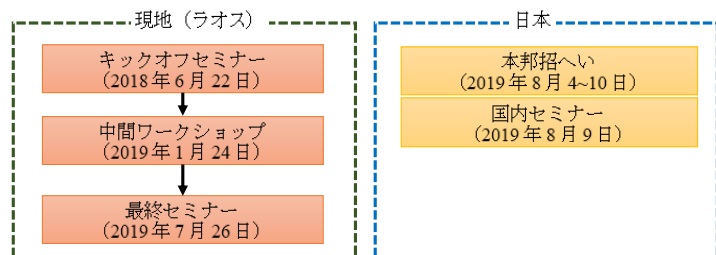


図 5.1 セミナー等開催の流れ

6. 課題と対応策

6.1 森林保全に対する課題・提言

森林保全に関する課題と提言を表 6.1 にまとめる。

表 6.1 森林保全に関する課題

森林減少・劣化ドライバーと関連する課題
1. 農地以外の開発
1-1 (c) 開発に伴う違法伐採の増加 (ラオス、カンボジア)
1-2 (c) 開発後の補填植林の不実行 (ラオス)
1-3 (c) ダムの決壊に伴う森林の破壊と被災者への新しい居住地、農地の補填のための土地の需要 (ラオス)
1-4 (a) セクター間の調整不足 (ラオス)
1-5 (a) 他セクター等との森林の価値に対する認識の違い (ラオス)
1-6 (c) 開発サイトの住民の国内移民化 (ベトナム)
2. 違法伐採
2-1 (a) レンジャー等の人員の不足 (カンボジア、ラオス、タイ、ベトナム)
2-2 (a) パトロールに必要な資機材の不足 (カンボジア、ラオス、タイ)
2-3 (a) 森林境界のあいまいさ (カンボジア、ラオス、タイ、ベトナム)
2-4 (b) 夜間の違法伐採 (カンボジア)
2-5 (b) 違法伐採集団の武装化・攻撃 (カンボジア)
2-6 (a) 貧困層の代替生計手段の不足 (カンボジア、ラオス、タイ、ベトナム)
2-7 (b) 国境を越えた違法伐採 (ラオス、タイ)
2-8 (b) 違法伐採サイトへのアクセスの悪さ (ラオス)
2-9 (b) 管轄の再分化による統括管理の難化と法の抜け道の存在 (ラオス)
2-10 (b) 外国人による違法伐採 (タイ)
2-11 (a) 国内の木材需要の増加 (カンボジア、ラオス、タイ、ベトナム)
2-12 (a) 天然林大径木の代替となる人工林木材がない (ベトナム)
3. 薪炭材採取
3-1 (a) 天然林内での人口増加 (カンボジア)
3-2 (a) 天然林内での薪炭材採取 (カンボジア)
3-3 (a) 首都圏における炭需要の増加 (カンボジア)
3-4 (b) 資金不足による植林活動の不実施 (カンボジア)
3-5 (a) 人口増加に伴う需要の増加 (ラオス、カンボジア)
4. NTFPs の採取
4-1 (a) 野生動物の狩猟のための火入れ (カンボジア、タイ)
4-2 (a) 蜂蜜の獲得のための火入れ (カンボジア)
4-3 (a) キノコの発育を促すための火入れ (タイ)
4-4 (b) NTFPs 採取に対する住民の誤った認識 (タイ)
5. 森林火災
5-1 (c) 森林火災による大気汚染の悪化 (タイ)
5-2 (a) 乾季の長期化に伴う森林火災の増加 (タイ)
5-3 (b) 森林火災予防や消火に対してボランティアでの参加は難しく、ファイナンシャルサポートが必要 (タイ)
6. 農地への転換
6-1 (a) 洪水や旱魃の増加やイナゴ発生等、天災による貧困層の困窮化 (カンボジア、ラオス、ベトナム)
6-2 (a) 農業や開発政策 (カンボジア、タイ)
6-3 (a) 代替生計手段、生計向上手段の不足 (カンボジア、ラオス、タイ、ベトナム)
6-4 (b) 保護区域内の村の存在 (カンボジア、ラオス、タイ)
6-5 (a) 予算の不足によるパトロールや住民啓蒙活動の不足 (カンボジア、ラオス、タイ、ベトナム)
6-6 (a) 山間部等遠隔地域の焼畑移動耕作 (ラオス)
6-7 (b) 国内移民による農地の拡大 (ラオス、ベトナム)
6-8 (a) 道路網の拡大に伴う農地の拡大 (ラオス、タイ)
6-9 (a) 機械化による農業の大規模化 (タイ)
6-10 (a) 工場進出による農地の拡大 (ラオス、タイ)
6-11 (a) 単一プランテーションを導入した際の価格の下落 (ベトナム)
6-12 (a) 農業生産のほうが林業生産よりも収入が大きい (ベトナム)
6-13 (a) 旱魃の増加 (カンボジア、ラオス、タイ、ベトナム)
7. 海岸侵食・河岸侵食
7-1 上流での土砂堆による土砂の供給不足 (ベトナム)
7-2 台風の時期、強さの変化 (ベトナム)
7-3 片側だけの護岸工事による未工事側河岸の崩壊 (ラオス)

それ以外の課題
8. 森林減少・劣化によって発生している課題
8-1 山地災害の増加（ラオス）
8-2 土壌侵食の進行（ラオス、ベトナム、タイ）
8-3 洪水の増加（ラオス）
8-4 山地災害や洪水の被災住民への補償の実施（ラオス）
8-5 野生動物の減少（ラオス）
9. 森林減少・劣化に取り組む上での課題
9-1 急傾斜地の森林再生の技術的難しさ（ベトナム）
9-2 政策決定のための、森林に関するデータが不足している（タイ）
10. 林業の課題
10-1 住民との土地所有権の対立(カンボジア)
10-2 GDP に占める林業セクターの割合が小さい（カンボジア）
10-3 利益が上がるまでに長期間を要することに対する他セクターの理解不足（カンボジア）
10-4 植林後の管理の不足（カンボジア、ラオス、タイ）
10-5 増加する国内の木材需要への対応（カンボジア、ラオス、タイ、ベトナム）
10-6 違法伐採木材との価格の競合（ラオス）
10-7 林業戦略を立てるためのデータ不足（カンボジア、タイ）
10-8 輸送コストが高い（カンボジア、ラオス）
10-9 木材加工技術の未熟（ラオス、タイ、ベトナム）
10-10 国産木工製品のバリューチェーンの構築（タイ）
10-11 人工林の生産性・質の向上（タイ、ベトナム）
10-12 農業のほうが林業よりも収入が大きい（ベトナム）
10-13 生産性の向上に伴う木材価格の低下（ベトナム）

出典：調査団

各国による森林の保全や持続可能な利用を目標とした多様な取り組み、現地調査を通じて挙げられた森林管理の現場の課題およびこれまでに我が国が支援した森林保全に関する活動を俯瞰した上で、今後の持続可能な森林管理や森林保全をさらに強化し促進していくための新たな活動を表6.2に提言する。

表 6.2 森林保全のために実施すべき新たな活動

A. 持続可能な森林管理・保全にかかる活動資金の調達
B. メコン流域の森林動態のモニタリング管理活動の継続的な実施
C. 民間企業の持続可能な森林管理への動員
D. 自然環境が有する多様な機能を活用した持続可能な流域の構築
E. 林業セクターの強化
F. 持続可能なエネルギーの利用

出典：調査団

6.2 流域管理に対する課題・提言

Council Study では、(1)水力発電開発、(2)農業開発、(3)生活用水や工業用水、(4)農業開発の4つがメコン河流域の流域に与える影響が大きいものと評価し、社会経済や自然環境における影響を調査している。これを踏まえ、将来の流域管理に実施すべき主な課題・提言を表6.3に整理する。

表 6.3 メコン河流域管理に実施すべき主な課題・提言

項目	概要
1. 生態系の確保	メコン河本川に計画されている9つの水力発電ダムは土砂移動を阻害する可能性があり、下流域の深刻な河道侵食を引き起こす恐れがある。水力発電ダムの開発により想定される影響は深刻であるため、許容可能な緩和措置が明確に示されるまでは、計画段階にある水力発電ダムを中断するとともに、建設中の2ダム（Xayaburi ダムと Don Sahong ダム）の影響をモニタリングし9ダムの見直しを実施する。
2. 食料安全の確保	農業開発は農産物、特に米の輸出によりメコン河流域の経済価値を高め、流域における食の安全保障と住民の生計確保に寄与している。ただし、無計画な農業開発が流域または供給先の食料調達に悪影響（農薬の過剰散布等による水質悪化等）を与えることも懸念される。 メコン河流域の各国は流域内の食料安全保障の確保を十分に考慮した農業分野拡大政策を見直しが必要である。
3. 良好な水環境の確保	メコン河の全リン（TOTP）の年平均濃度は、2000年には0.058 mg/Lであったが、2004年には0.13 mg/Lと大幅に上昇し、安全管理基準を超えている。これは、メコン河が生活雑排水や工場排水、もしくは農薬・肥料等によって水質が悪化している可能性を示唆している。 メコン河の原水を飲料水利用する住民も多いことから、メコン河流域の住民に対する水の安全保障を確保するためには総合的な水質管理が不可欠である。
4. 気候変動への適応	気候変動の3つのシナリオ（M3CC、C2、C3）のうち、乾燥傾向を示すC3シナリオでは、降水量が減少し、農作物の生産減につながる干ばつの発生が想定されている。干ばつと洪水に両方に対して最も脆弱な地域は、カンボジア国のトンレサップ湖とベトナム国のメコンデルタである。 メコンデルタについては海面水位の上昇による塩水侵入による被害も想定される。気候変動はメコン河流域の国境を越えて影響を及ぼすことから、MRCメンバー国の相互的な協力が不可欠で、加盟国で策定した The Mekong Adaptation and Strategy Plan（MASAP）に注目すべきである。そして、国、地域及び国際レベルで気候変動の影響に対し、各国が同調した方法で対応する必要がある。
5. 流域一貫の土砂管理	本調査の実施期間中（2019年）、メコン河本川に2基のダムが建設されていることが確認された。今後、ダム建設による水資源開発が進むと、メコン河本川下流への土砂移動を著しく低下させる恐れがある。一方、MRCのCouncil StudyによればLMBからの流出土砂は増加傾向にあると報告されている。土砂収支のバランス次第で河岸侵食や海岸線の後退など土砂に起因する問題を引き起こすことから、我が国で提唱されている流砂系の総合的な土砂管理が有効と考えられる。 そこで、メコン河本川ならびに支川における土砂移動のモニタリング体制を強化するとともに、本川に建設されている2基のダムによる土砂動態への影響を分析し、緩和策を検討する必要がある。

項目	概要
<p>6.その他： 基礎調査に関する提言</p>	<p>(1) LMB における河岸・海岸侵食リスクに関する調査 定量的かつ科学的根拠を基に、ダム開発への問題提起を行うため、メコン本川においては浮遊砂および掃流砂を含めた河道内の土砂動態に関する調査を行う。さらに、土砂動態に基づき LMB における現状およびシナリオベースの河岸・海岸侵食のリスク分析を行う。</p> <p>(2) 水環境改善に関する調査および水質モニタリングの強化 現時点では水質項目、特に農薬に関する調査が十分とはいえず、メコン本川の水質汚濁の進行をタイムリーに把握できない状況である。そこで、水質汚濁（面源および点源）の調査を実施し、汚濁源を明らかにしたうえで、水質モニタリング項目を再整理する。さらに水質浄化対策を適切に行うために汚濁源の発生場所が明確に判るようにメコン本川の水質観測所を増設する。</p> <p>(3) 最新の気象水文および河道データの収集・整理および SWAT・IQQM モデルの更新 昨年（2018 年）に公開した Council Study に用いられたシミュレーションモデルは 2007 年がベースであり、既に 10 年以上経過している。このためモデルの更新が不可欠である。また、水文データの整備も必須である。JST が確認した 2019 年 4 月時点では、2008 年以降のデータが公開されていなかった。このため観測データを定期的に更新するための組織的なシステムが必要である。</p> <p>(4) 水文観測ネットワークの改善 気候変動による気象条件の変化（降雨分布や日照、蒸発量等）を把握することは、将来のメコン河流域の流域管理（主に水資源）に不可欠である。しかし、広大なメコン河の流域面積に対し、十分な観測密度があるとは言いがたい。前節のモデルの更新のためにも気象水文観測ネットワーク強化は不可欠である。 なお、維持管理上、観測所の設置が難しい地域においては、気象レーダー降雨や衛星降雨の活用などが有効である。また、山間部においては短期集中型降雨による土砂災害が頻発しているが、このような地域においては、短時間降雨が観測できる雨量計の設置など、地域の特性に応じた観測施設の整備が必要である。</p>

出典：調査団

第1章 調査概要

1.1 背景

メコン河は、約 795,000 平方キロメートルの集水域を有する主要な国際河川の一つであり、その流域は 6 カ国以上に跨っている。同河はチベット高原から始まり、中国の雲南省の山岳地帯を南下、ミャンマー連邦共和国（以下、「ミャンマー」）とラオス人民民主共和国（以下、「ラオス」）の国境を形成する。ラオス領土内を南下し、タイ王国（以下「タイ」）との国境を形成する。さらにラオス南部地域とカンボジア王国（以下「カンボジア」）の領土を通過してさらに南下し、その後ベトナム社会主義共和国（以下「ベトナム」）でメコンデルタを形成、その後は南シナ海に流れ込む。メコン河流域は、食料、水、交通の面で地域民の生活にとって欠くことのできない天然資源であり、同時に世界で最も生物多様性の高い地域の一つである。

近年、メコン流域では、気候変動に起因すると考えられる極度の豪雨、長期的な渇水および洪水災害の規模が拡大していると言われており、災害の拡大は地域経済に大きな影響を与える。熱帯林の面積の減少と劣化は、地域の生物多様性の喪失と水資源の枯渇を引き起こすだけでなく、樹木や土壌に蓄積された二酸化炭素の排出を通じて世界規模で気候変動を加速させる。人口増加による開発や農地転換による森林資源の減少、これによる著しい生物多様性の喪失など、森林減少に対する様々な課題に対し、メコン河流域諸国は、森林の持続可能な保全と生態系機能の維持に向けて協力していく必要がある。

2016 年 9 月 7 日、ラオス・ビエンチャンで第 8 回日メコン首脳会談が開催された。安倍晋三首相は、メコン川流域における環境保全、特に森林資源の保護に貢献するための研究を開始する意向を表明した。その意向は、日本メコン連結イニシアチブプロジェクト（JMCI プロジェクト）として位置づけられ、本調査の実施が決定された。

1.2 目的

本業務は、メコン河の流域管理を気候変動による流域環境変化、森林資源状況変化に焦点を当て、基礎情報を整理し、メコン河流域管理のための森林保全の現状把握、課題の抽出、今後の対応策を整理することを目的とする。

調査結果には、案件形成の結果と、メコン流域管理に関する政策のベストプラクティス/ 推奨事項が含まれる。また本調査は、以下の事項を考慮して実施する。

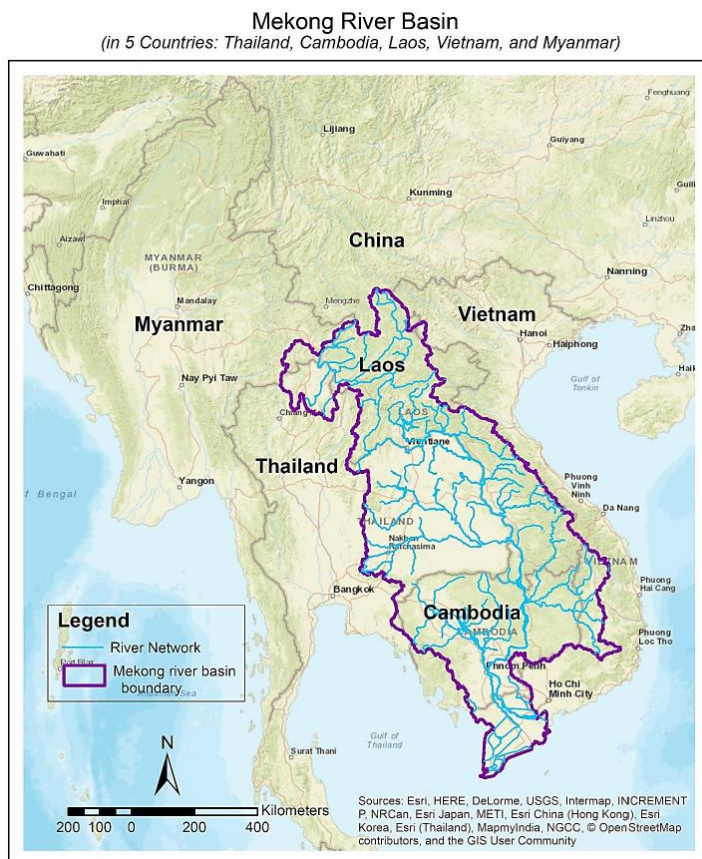
- (1) 森林管理の基本情報の収集
- (2) 気候変動による環境への影響
- (3) 森林資源の変遷

1.3 業務対象地域

本業務は、カンボジア、ラオス、タイ、ベトナム、ミャンマーのメコン流域 5 カ国を調査対象国とする。

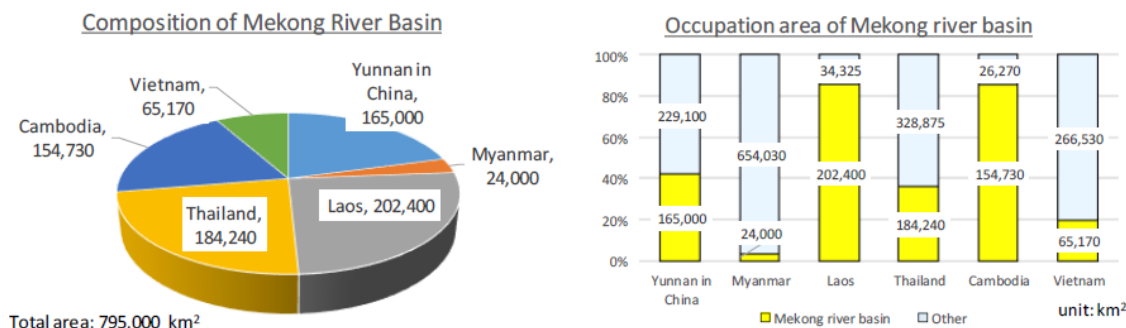
1.4 調査期間、調査範囲および実施体制

本業務の調査期間は2017年12月15日から2019年9月30日である。調査対象地域は、カンボジア、ラオス、タイ、ベトナムおよびミャンマーのメコン流域5カ国である。中国を除くメコン流域は、メコン下流域（LMB）と呼ばれている。図 1.1 に調査対象域を、図 1.2 には LMB での各国の占有域を示す。



出典：調査団

図 1.1 調査対象域



出典：調査団

図 1.2 流域各国の占有域

日本側実施体制（調査団）は表 1.1 のとおりである。

表 1.1 日本側実施体制（調査団）

No.	担当	氏名	所属	備考
1	総括／流域保全・管理 1	佐々部 圭二	CTII*1	2017年12月～2019年1月。
1-1	総括	幡野 貴之	CTII	2019年1月～
1-2	流域保全・管理 1	後藤 俊宏	CTII	2019年1月～
2	副総括/ 流域保全・管理 2/ 気候変動/ 水文	中村 和弘	CTII	
3	森林被覆図作成	佐藤 圭	PASCO*2	
4	民間促進・事業連携	清田 大作	CTII	
5	持続的森林管理（緩和 /REDD+）	藤村 さほり	JOFCA*3	
6	セミナー等支援	市川 峻平	CTII	

*1(株)建設技研インターナショナル、*2(株)パスコ、*3(一社)ジョフカ (2019年8月 (一社)海外林業コンサルタンツ協会 より名称変更)

1.5 相手国等主要関係機関

相手国等主要関係機関は以下のとおりである。

- メコン河委員会（Mekong River Commission - MRC）詳細は以下のとおりである。

本部所在地	ラオス人民民主共和国 ビエンチャン市
担当部署	環境管理局 (Environmental Management Division)
主な担当者	Mr. Tran Minh Khoi (局長)、Dr. So Nam (上級環境管理官)、 Dr. Prayooth Yaowakhan (生態系・湿地専門家) 他
組織	図 1.3 を参照



出典：MRC ホームページ(調査団が一部修正)

図 1.3 メコン河委員会組織図

- ・ 各国の国家メコン委員会 (National Mekong Committees)

各国の委員会名称、担当部署/役職および担当者は表 1.2 のとおりである。

表 1.2 各国の国家メコン委員会の内訳

国名	名称	担当部署/役職	担当者
カンボジア	カンボジア国家メコン委員会 (Cambodia National Mekong Committee Secretariat)	永年副議長 (Permanent Vice- Chairman)	Mr. Te Navuth
ラオス	ラオス国家メコン委員会 (Lao National Mekong Committee Secretariat)	事務総長 (Secretariat General)	Mr. Chanthanet Boualapha
タイ	タイ国家メコン委員会 (Thai National Mekong Committee Secretariat)	事務総長 (Secretariat General)	Dr. Somkiat Prajamwong
ベトナム	ベトナム国家メコン委員会 (Viet Nam National Mekong Committee Secretariat)	総局長 (Director General)	Dr. Le Duc Trung

出典：メコン河委員会 (MRC)

- ・ MRC 対話国：ミャンマー（環境保全森林省 (MOECF) 森林局 (FD))¹
- ・ メコン流域各国の関係省庁・部局、研究機関等（水資源管理管轄、森林資源管理管轄）
- ・ 関係援助機関等（アジア開発銀行、UNDP 等）
- ・ 民間セクター（民間企業、NGO 含む）

1.6 作業手順および実施スケジュール

本調査における主な作業手順を表 1.3 に示す。本手順では、森林減少や気候変動によって潜在的に脆弱な地域として定義されているホットスポットを明確にするものとする。また、LMB にて森林減少を引き起こした自然・社会的要因については、面接や現地調査を通じて検討し、政府、民間企業、NGO などによる実際の森林減少対策を検討する。

表 1.3 主な作業手順

Step 1：準備
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 衛星画像データの収集 ➤ LMB における森林被覆図の作成 ➤ 森林面積の変化の予測（1986 年～1999 年、2016 年および 2019 年） ➤ 森林減少地域を地図で特定（ホットスポット 1） ➤ 将来の森林被覆範囲の推定 ➤ 入力データ準備（将来の森林減少を考慮した土地利用データ） ➤ 森林面積の予測および気候変動に関する最新の研究結果に基づく将来のシナリオの設定（海面

¹ 同局が、CTI ミャンマー (CTI グループ) が実施したインタビュー調査を通じて、ミャンマーの森林管理を担当していることが判明した。

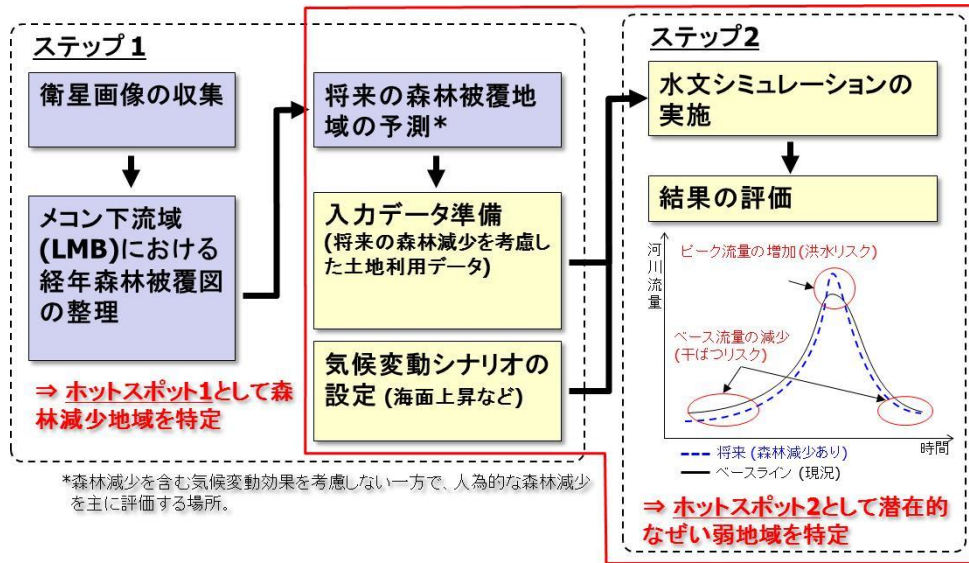
上昇など)
Step 2：感度分析
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 森林減少と気候変動による影響を定量的に評価するための流域モデルの開発 ⇒MRC ツールボックスの活用 ➤ 将来シナリオでの流域シミュレーションの実行 ➤ シミュレーション結果分析 ➤ 森林減少と気候変動による潜在的に脆弱な地域（洪水、干ばつ、塩水侵入）の特定（ホットスポット 2）
Step 3：問題分析および課題整理
Step 3-1：森林保全
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 森林減少エリアおよびそのドライバーの特定（現地踏査・面談、文献調査等を援用） ➤ ドライバーとホットスポット 1 との関係の検証 ➤ 森林減少対策に資する活動の模索（面談、文献調査等を援用） ➤ 活動の実際のまたは潜在的な効果の評価 ➤ 森林減少に対する効果的対策のリストアップ
Step 3-2：流域管理
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 水資源管理の観点による潜在的な脆弱エリア（ホットスポット 2）の解析 ➤ 森林減少による詳細な負の影響の解析（必要であれば） ➤ 効果的対策のリストアップ
Step 4：対策・政策提言
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Step 3 の結果を受けての対策・政策提言 <ul style="list-style-type: none"> ・森林保全（外部組織との協働、ESG/SDGs に資する活動、モニタリング、組織など） ・流域管理（モニタリング強化、土砂管理、流域管理機能ビルドアップなど）

出典：調査団

本調査では、以下に示す 2 つのホットスポットを設定した。

- (1) **ホットスポット 1**：過去の土地被覆図から森林減少地域が特定。森林減少によって環境的および社会経済的に影響を受ける可能性のある特定の地域。
- (2) **ホットスポット 2**：森林伐採により引き起こされる洪水、干ばつ、塩害の影響を受けやすい潜在的に脆弱な地域。流域管理モデルによって推定される。

ホットスポット 1 および 2 の特定手順を図 1.4 に示す。ホットスポット 1 は、過去の森林被覆図の分析によって明らかにされる。ホットスポット 2 は、水文解析および水理解析によって特定される。



出典：調査団

図 1.4 ホットスポット特定手順

調査団が 1) ホットスポット、2) 森林減少の要因、3) 対策を明確にした後に、森林伐採など新しいプロジェクト形成を含む政策は、MRC および LMB 関係国の森林管理関連機関に対し提言される。

本調査の活動は、図 1.5 に示すスケジュールに従って実施した。調査開始時には、本調査は 2019 年 3 月までに完了することになっていた。しかし、MRC と日本側の間で覚書締結が遅れたためキックオフセミナーの開催が遅れ、従って工期は 2019 年 9 月に延長された。

年月	2017					2018												2019											
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9							
業務の流れ	1. 初期解析およびインセプションレポート準備					2. メコン流域の現況および問題点の把握						3. 国内作業			4. 問題点に対する解決法の検討			5. 政策推奨事項の検討			6. 本邦招へい								
	1.1 既存情報収集および分析					2.1 キックオフセミナー						3.1 国内での解析作業			4.1 問題解決の検討			5.1 政策推奨事項に関する調査			6.1 国内セミナー								
	1.2 調査団および関係機関との協力体制確立					2.2 流域シミュレーションモデル開発、環境変化予測および影響評価												4.2 ワークショップ			最終報告書案の作成、発表および議論			6.2 最終報告書作成					
	1.3 森林関係ビジネスの民間企業家へのインタビュー					2.3 森林被覆図作成および評価												5.3 ラップアップセミナー			6.3 本邦研修								
	1.4 インセプションレポート準備																	5.2 インテリムレポートの作成・提出											
	1.5 国内でのインセプションレポートに関する検討																												
レポート	△ インセプションレポート																	△ インテリムレポート			△ ドラフト最終報告書 △ 最終報告書								
セミナー						キックオフセミ									ワークショップ			ラップアップセミナー			国内セミナー			本邦研修					

出典：調査団

図 1.5 作業スケジュール

第2章 現状把握

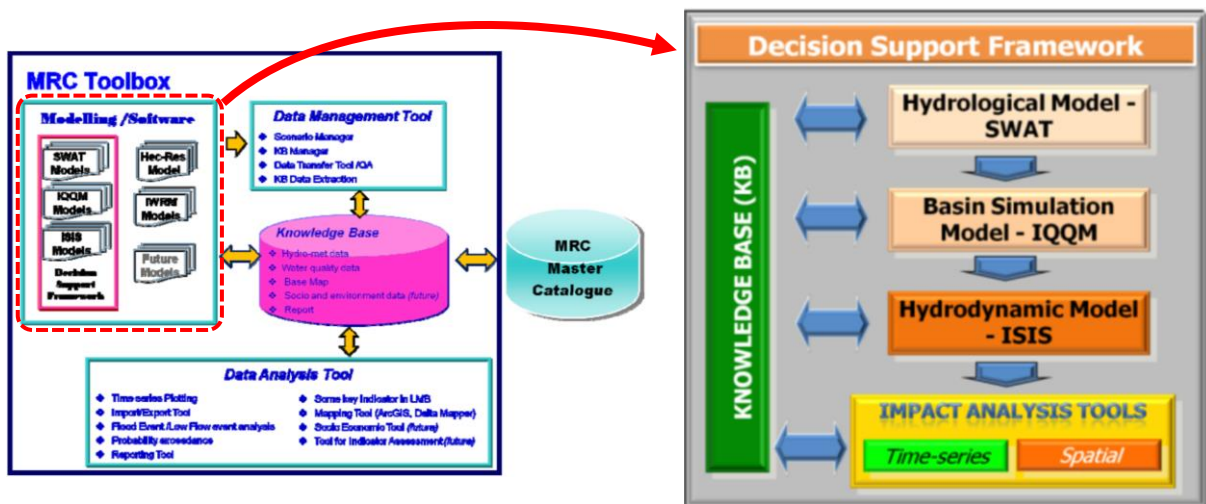
この章では、流域管理・森林保全にかかる調査を行うにあたり、調査のベースとなる MRC の現状に関する情報を整理した。

2.1 気候変動による流域管理モデル

2.1.1 Decision Support Framework (DSF)

LMB における森林減少や気候変動による環境面の影響を評価するためには、流域管理のために利用可能な水文・水理モデルが必要である。MRC では解析モデルとデータ管理ツール、データ解析ツールを統合した MRC Toolbox を整備している。その中の Modelling/Software ツールは Decision Support Framework (DSF)として流域管理に活用されている。

図 2.1 に MRC Toolbox および DSF を示す。DSF の水文・水理解析モデルは SWAT モデルと IQQM モデル、ISIS モデルの 3 つで構成されている。



出典：MRC ホームページ <http://portal.mrcmekong.org/mrctoolbox>

図 2.1 MRC Toolbox の構成

図 2.2 に各モデルの適用流域を示す。DSF では、カンボジアの Kratie から上流を流出域、下流を流下域として捉え、Kratie 上流では SWAT モデルと IQQM モデルを採用し、下流では水理解析モデルである ISIS モデルを採用している。

各流域からの流出は SWAT モデルで計算され、その結果は IQQM モデルのインプットとなり、河川ネットワークのシミュレーションに利用される。カンボジアの Kratie 地点から下流のトンレサップ湖およびメコンデルタの流量計算は ISIS モデルに引き継がれる。このため、IQQM モデルの Kratie 地点のアウトプットが、ISIS モデルの上流端境界条件になる。

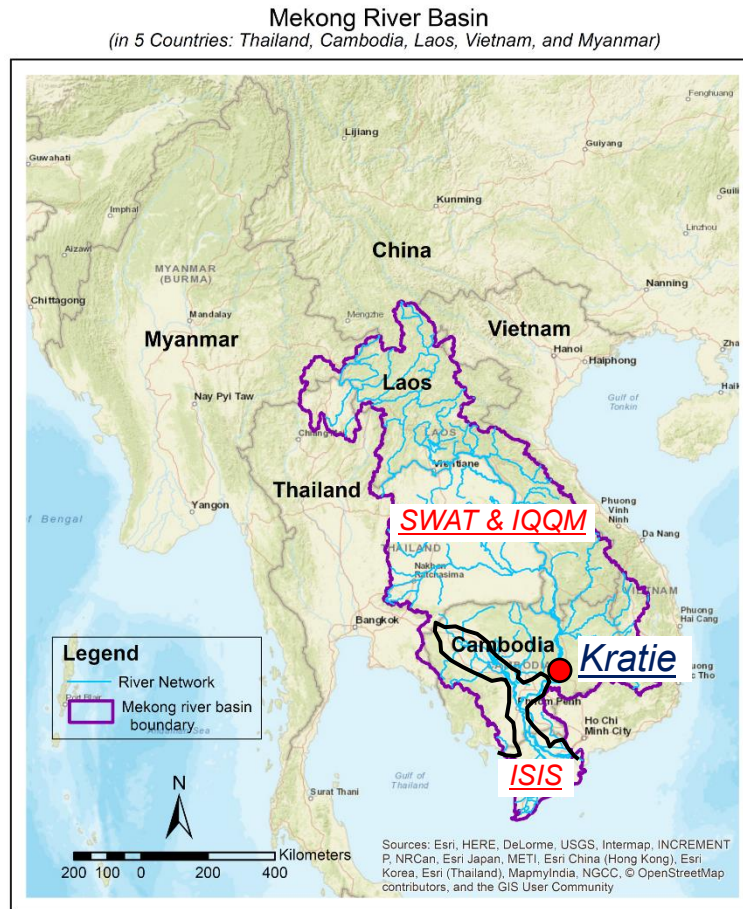


図 2.2 MRC Tool Box の構成

表 2.1 に各モデルの概要を示す。

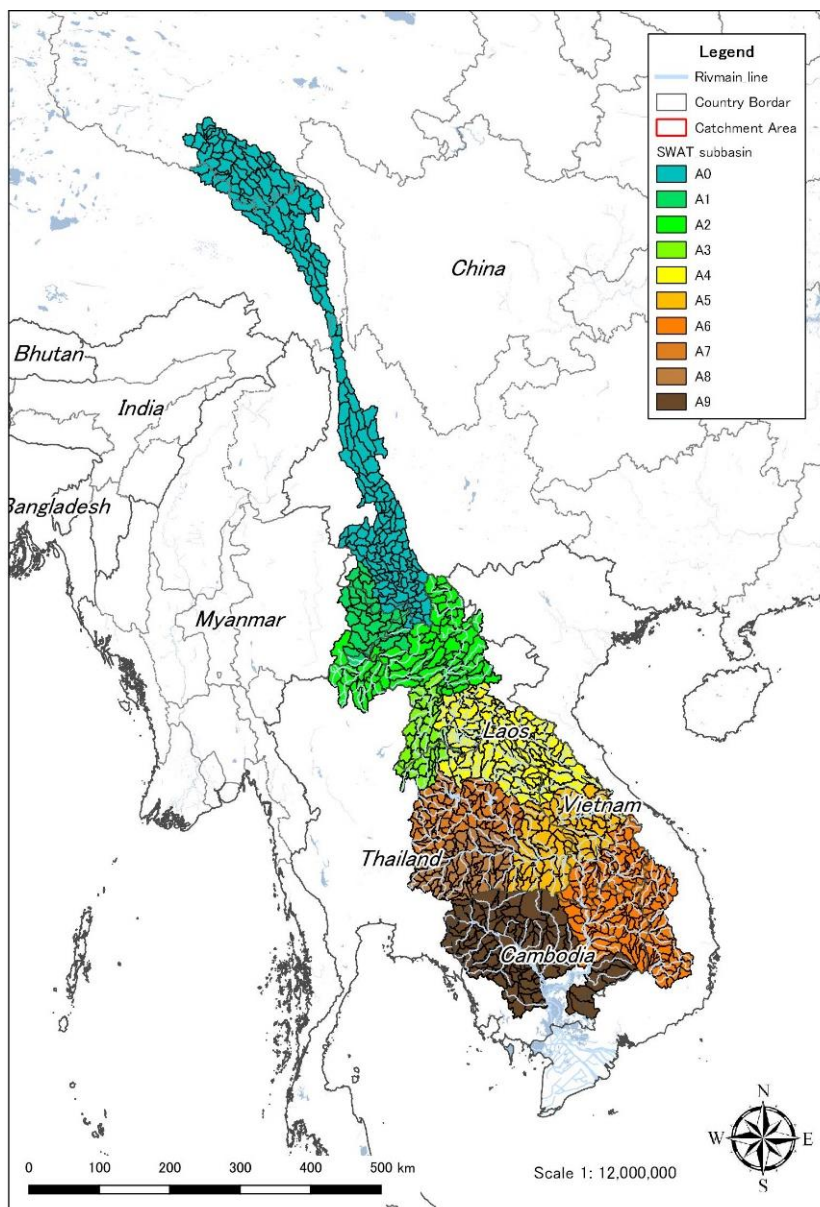
表 2.1 各要素モデルの概要

No.	モデル	概要
1	SWAT	米国 Department of Agriculture が開発した SWAT モデルは降雨等の気象データを用いて、流域の流出を算定するモデルである。土地利用や気候の変化といったシナリオの検討はこのモデルを用いて評価することができる。この結果は水理解析モデル等の時系列インプットデータ（上流端境界条件）となる。
2	IQQM	The Integrated Quantity and Quality Model (IQQM) は流域シミュレーションモデルであり、元々はオーストラリアの Murray-Darling 流域のために開発されたモデルである。IQQM は SWAT モデルのサブ流域からの流出をインプットとし、河川システムのシミュレーションを行うもので、ダムや灌漑などの水利用を考慮することが可能である。
3	ISIS	ISIS は水理解析モデルである。このモデルは HR Wallingford and Halcrow が開発したモデルであり、トンレサップ湖やメコンデルタを含む下流域の河川ネットワークのシミュレーションに使用される。潮汐やトンレサップ湖の逆流、複数の支川から流入、洪水期の自然氾濫などを考慮した複雑な水の挙動を表現できる。

次節で、既往の報告書や MRC 職員のヒアリング等から得たモデルの情報を整理する。

2.1.2 SAWT モデル（流出計算）

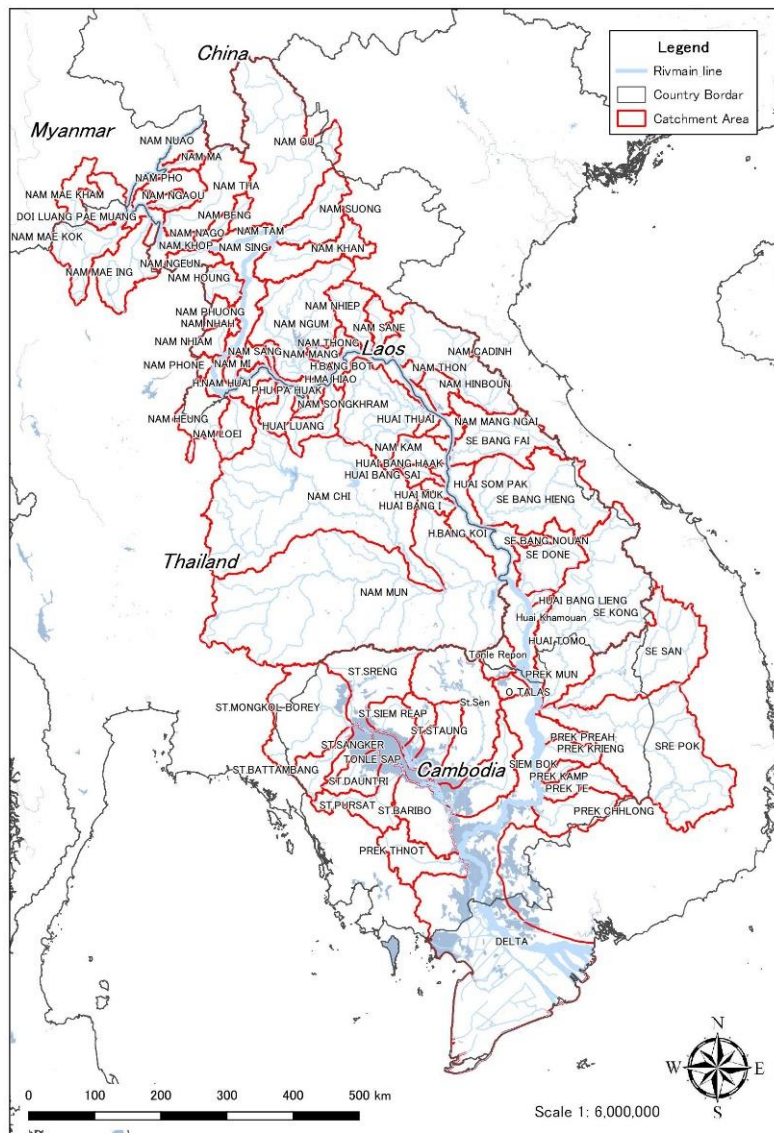
SWAT モデルでは、中国を含むメコン河流域を 10 の大流域に分割し、各地域においてサブ流域を設定しており、その数は 870 流域である。なお、カンボジアの Kratie 地点下流はモデルが組み込まれていない。図 2.3 に流域分轄図を示す。各サブ流域において SWAT モデルが組み込まれており、降雨データから流出量が計算される。図中の A0 流域は中国国内のメコン河流域である。中国国内における河川流域の情報を入手することは困難であるが、MRC によれば A0 流域の流末の水文情報（水位や流量）は中国側から提供されるとのことであり、それを上流端の境界条件としている。



出典：MRC の提供データを元に調査団が作成

図 2.3 流域分割図（SWAT モデル）

図 2.4 に LMB 内の主要河川の流域図を示す。LMB 内で 104 の河川流域に分割されている。



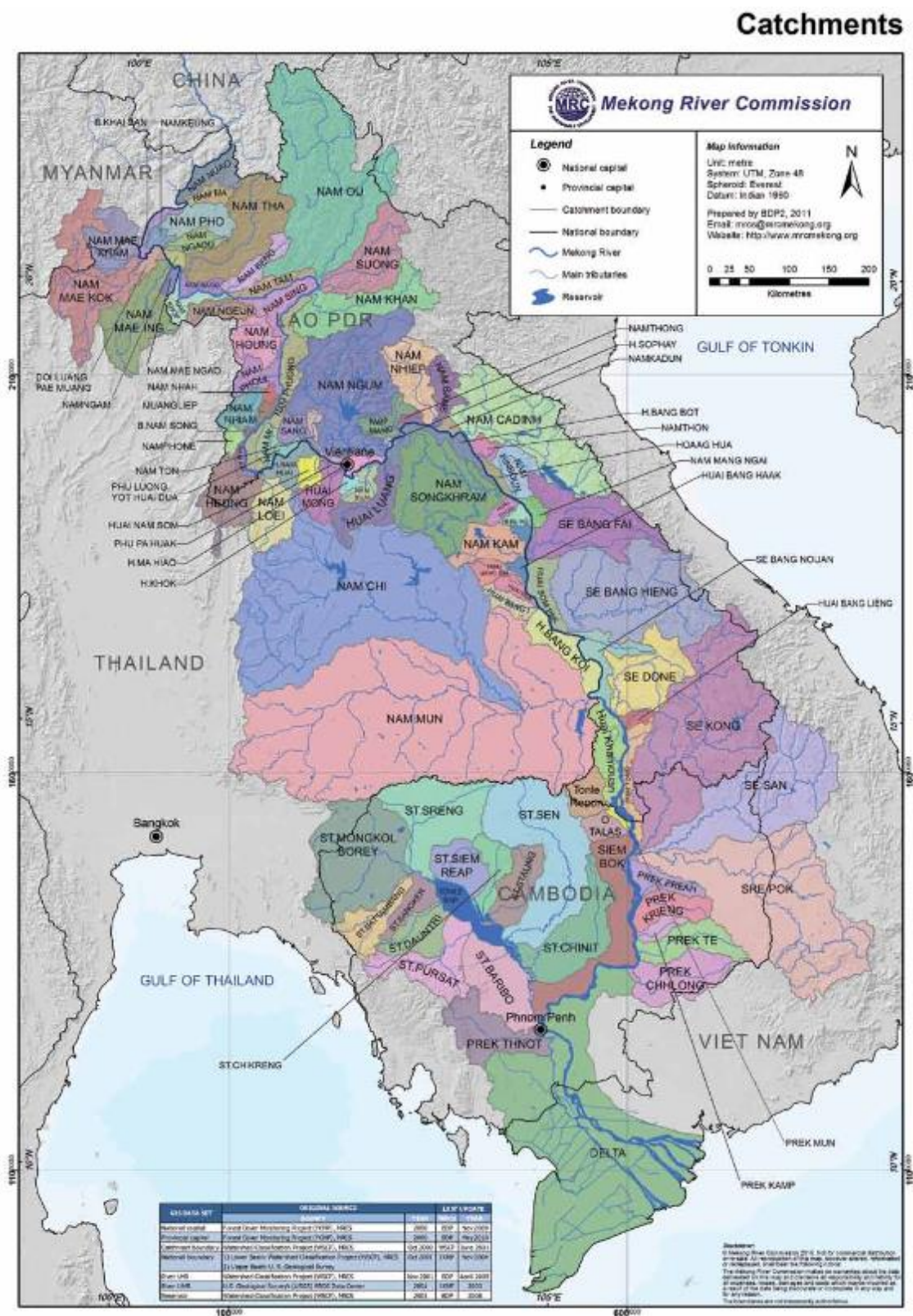
出典：MRC 提供データを元に調査団が作成

図 2.4 LMB の主要河川流域

2.1.3 IQQM モデル

MRC 本部へのヒアリングによると、メコン河本川および支川の河川ネットワークはモデル化されているとのことである。なお、横断データは 2003 年以前のデータと古く、2018 年に公表した Council Study のモデルでは横断データの更新は行われていなかった。MRC によれば横断データの更新一つに対しても、各国 NMC の承認が求められ、モデルの更新は容易ではないとの回答があった。NMC の承認システムの改善（短期化）を含め、モデルのデータ更新は今後の大きな課題といえる。

IQQM で出力されるハイドログラフは LMB 内で 65 箇所である（図 2.5 を参照）



図面提供元：MRC

図 2.5 IQQM 出力地点

2.1.4 ISIS モデル

守秘義務の都合で ISIS モデルの詳細情報は得られなかった。また、2018 年 6 月のキックオフミーティングや 2019 年 1 月の中間セミナーの協議を通じ、ISIS モデルの解析は MRC 職員の負担が大きいことから本業務では ISIS モデルの計算を行わないこととなった。2019 年 1 月時点では、MRC 本部専属のモデラーは 1 名で、ベトナムの NMC から 1 名のサポートが入り、計 2 名で解析業務を実施していることを確認している。MRC の人材確保は大きな課題の一つである。

2.1.5 本業務で採用する水理解析モデル

以下の理由により本業務で使用する水文・水理解析モデルは、既存の DSF の解析モデルを採用することを提案し、2018 年 6 月に実施したキックオフセミナーにおいて MRC と合意を得た。

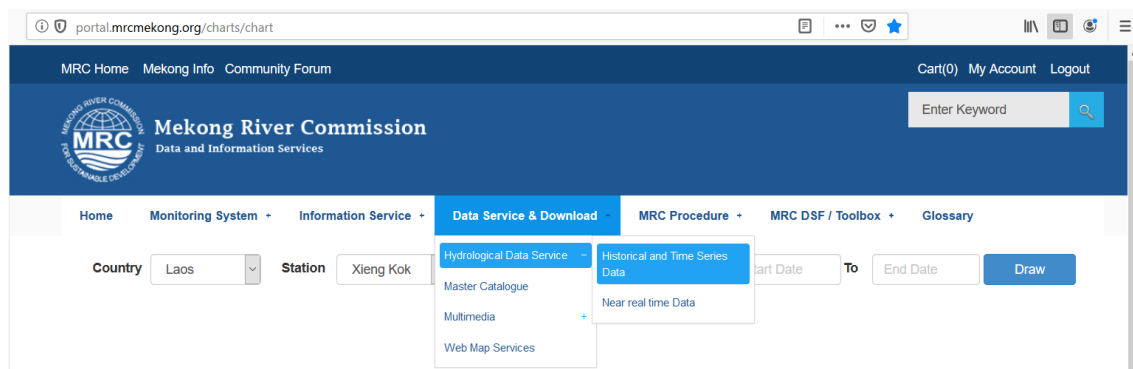
- 既存の MRC の研究調査で既に使用されているモデルであること。
- モデルの変更・改良にあたっては各国 NMC の承認が必要である。MRC 職員よりモデルの更新に数年かかると言われており、既存のモデルを活用することが効率的であると判断した。

2.2 気象水文データ収集

ここでは主に流域管理にかかるデータの整備状況について整理する。

2.2.1 MRC Date Service

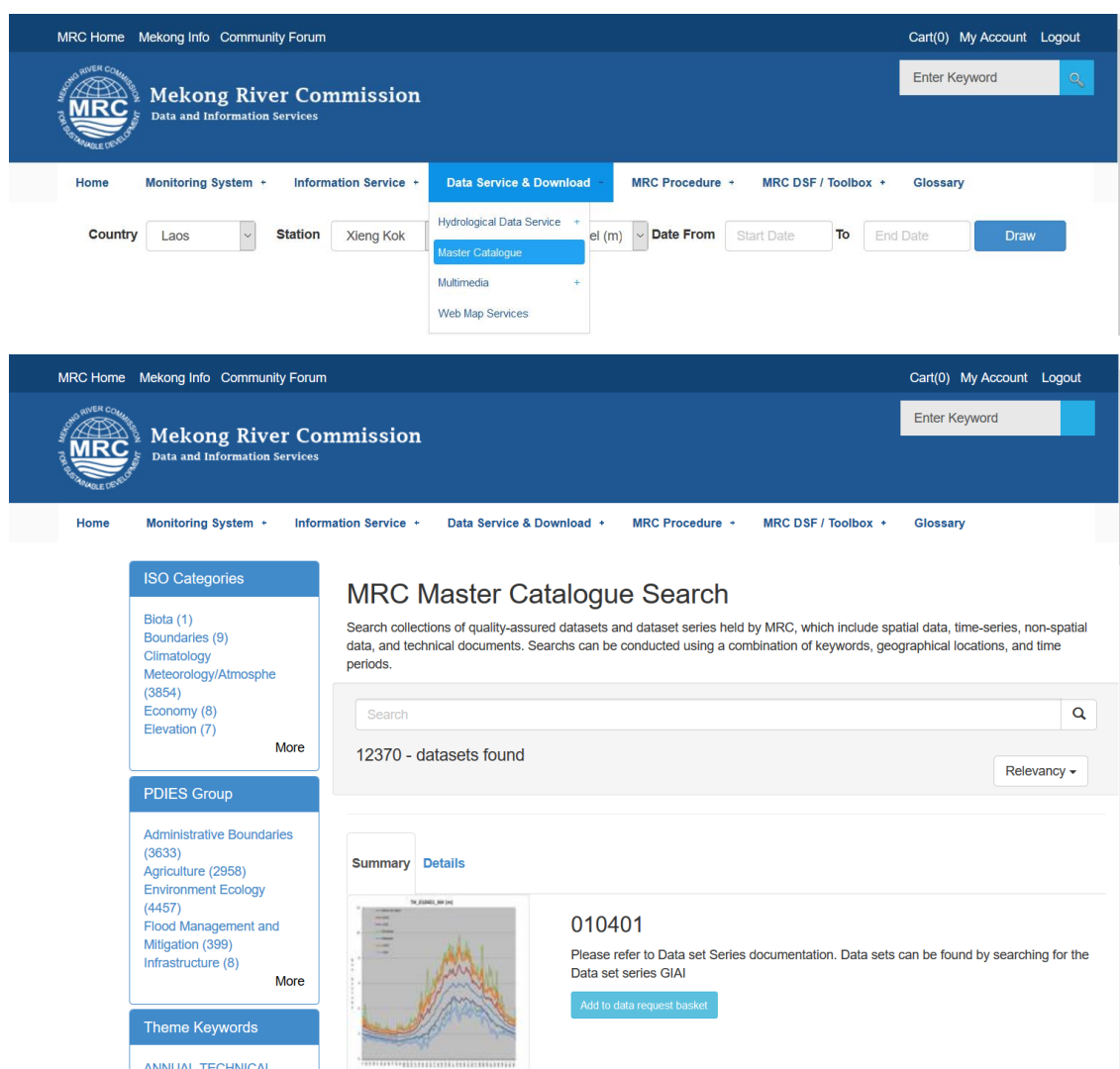
メコン河委員会の図書館（ラオス国ビエンチャン市）では、1950 年代後半から LMB 内の気象水文観測データを Year Book として所蔵している。1990 年代後半には、CD 版の Year Book を配布していた。現在は Web からデータをダウンロードすることが可能である。データ入手は手数料がかかるが、本業務では JICA と MRC が締結した MOU に基づき、データは無償でダウンロードできることとなった。



出典：<http://portal.mrcmekong.org/charts/chart>

図 2.6 Data Service & Download のサイト

気象水文観測データは、同サイトの“Master Catalogue”のページからダウンロードができる。



出典：<http://portal.mrcmekong.org/search/search>

図 2.7 Master Catalogue のサイト

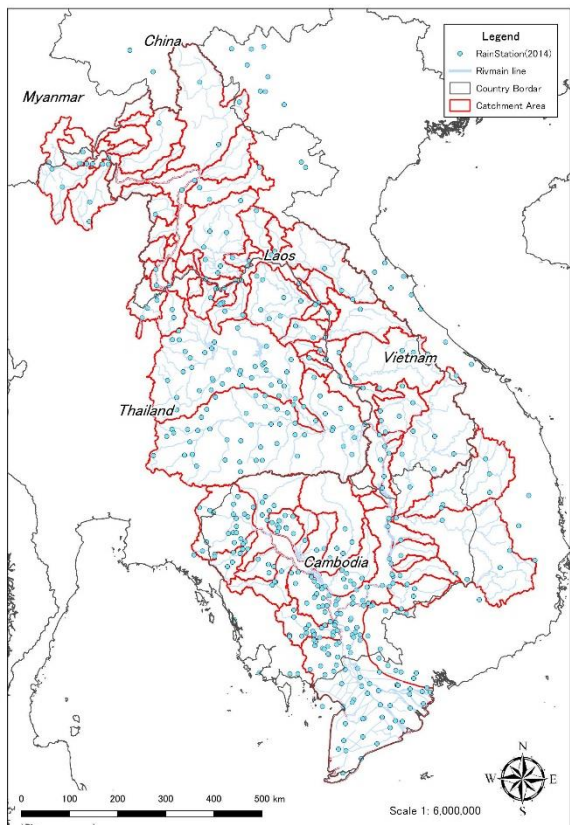
2.2.2 観測データ項目

MRC の Data Service & Download からダウンロードできる観測項目は以下の 11 項目である。

- 気象： 風速 (m/sec)、風向 (度)、日射量 (w/m^2)、日射時間 (hrs.)、相対湿度 (%)、蒸発量 (mm) 大気温度 ($^{\circ}C$)、大気圧 (hPa)
- 水文： 水位 (m)、流量 (m^3/s) * 土砂濃度 (ppm)

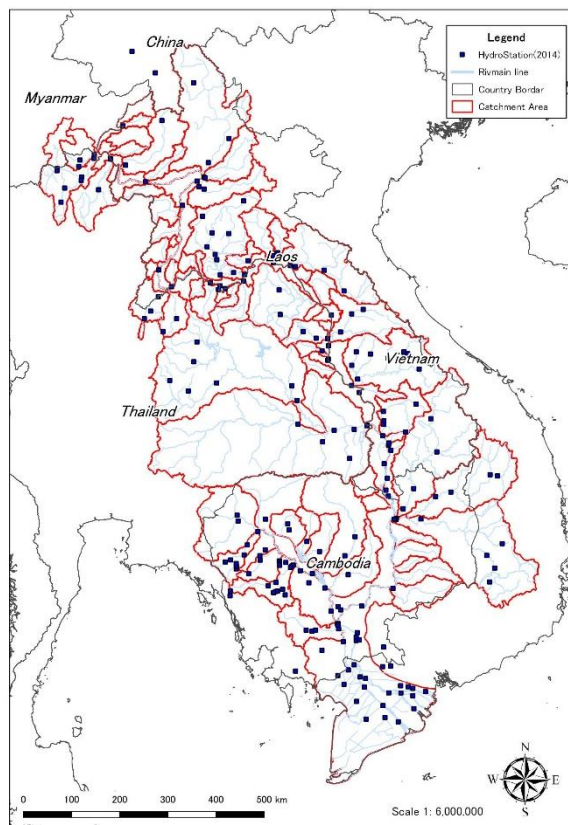
2.2.3 データのアーカイブ状況

図 2.8 と図 2.9 に 2014 年時点の降雨観測所と水位観測所の位置を示す。これによると観測所の数は雨量観測所が 463 地点、水位観測所が 214 地点である。



出典：MRC 提供データを元に調査団が作成

図 2.8 降雨観測所位置図



出典：MRC 提供データを元に調査団が作成

図 2.9 水位観測位置図

MRC から提供された GIS データから、LMB の総域面積は約 624,600km² である。雨量観測所は 463 箇所あるので、単純計算で約 1,350km² に 1 カ所の密度で雨量観測所が設置されている。表 2.2 は世界気象機関 (WMO) が推奨する観測所密度である。LMB の降雨観測密度は推奨された値より大きく、将来は気象水文観測網の改善も視野にいれる必要がある。

表 2.2 推奨される気象水文観測所の配置密度 (WMO, 単位 km²)

Physiographic unit	Precipitation		Evaporation	Streamflow	Sediments	Water quality
	Non-recording	Recording				
Coastal	900	9000	50000	2750	18300	55000
Mountains	250	2500	50000	1000	6700	20000
Interior plains	575	5750	5000	1875	12500	37500
Hilly/undulating	575	5750	50000	1875	12500	47500
Small islands	25	250	50000	300	2000	6000
Urban areas	-	10-20	-	-	-	-
Polar/arid	10000	100000	100000	20000	200000	200000

出典：Guide to Hydrological Practices Volume I, World Meteorological Organizations, WMO No.168

11 の観測項目の中から流域管理に関する主要な観測項目である水位、流量、雨量の3項目についてMRCのサイトにアップされている4カ国242箇所の観測所のデータ整備状況を確認した(表2.3および表2.4)。期間は後述する森林被覆図の作成期間の1987年から2018年である。表より、183観測所の水位データが整備されていることが確認された。一方の雨量データについては、全ての観測所において観測が行われているわけではないが、4カ国で13カ所のデータしか存在しない。一方の流量データは4カ国109観測所でデータの存在が確認されている。

なお、個別の観測所のデータをダウンロードすると、多くの観測所のデータは2008年までしか存在せず、2009年以降のデータはダウンロードできなかった。これは後述するCouncil Studyの水文シミュレーションの検討においても、ベースラインとなる期間が1985年から2008年であることと関係があると推察できる。2009年以降のデータが整理されていないから、Council Studyの検討が2008年までのデータを使った可能性も否定できない。この点についてMRCに問い合わせをしたが、明確な回答は得られていない。

いずれにせよ、MRCのデータベース上、463地点ある雨量観測所と214地点ある水位観測所のうち、ネット上で入手可能な雨量データはわずか約3%(13/463)、水位データは約86%(183/214)と大きな乖離がある。雨量データは水位データと同様、重要な水文情報であることから、観測密度の課題も含め、早急にデータ公開について検討が必要と考える。

表 2.3 気象水文データの整備状況（カンボジアとラオス）

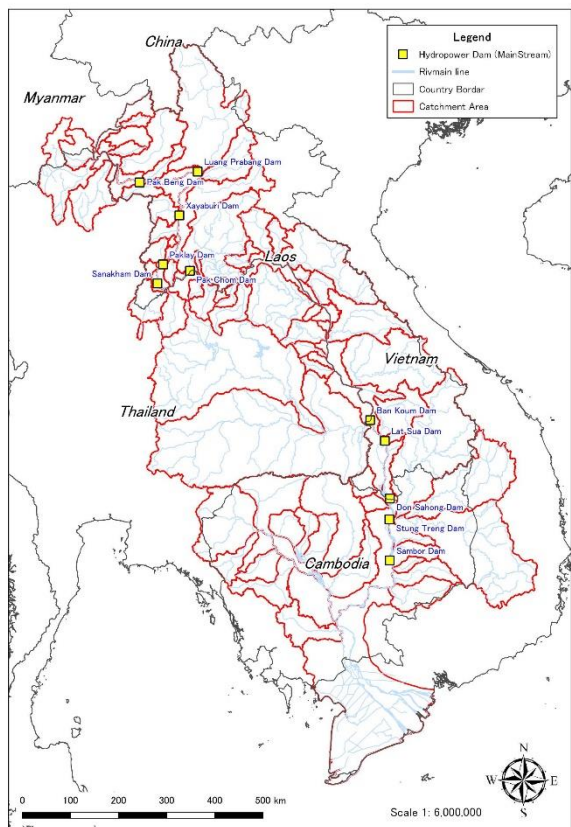
No.	Country	Station	Items (1987.1.1~2018.12.31)			No.	Country	Station	Items (1987.1.1~2018.12.31)			
			Water Level	Rainfall	Discharge				Water Level	Rainfall	Discharge	
1	Cambodia	Stung Treng	○	N/A	○	74	Laos	Xieng Kok	N/A	N/A	N/A	
2		Kratie	○	N/A	○	75		Ban Houi Sai	N/A	N/A	N/A	
3		Chroy Chang Var	○	N/A	○	76		Pak Beng	○	N/A	N/A	
4		Kompomg Cham	○	N/A	○	77		Luang Prabang	N/A	N/A	○	
5		Neak Luong	○	N/A	○	78		Ban Pakkhong	○	N/A	N/A	
6		Stung Slot	○	N/A	N/A	79		Paktay	N/A	N/A	N/A	
7		Prek Koy	○	N/A	N/A	80		Vien Tiane	N/A	N/A	N/A	
8		Spean Tras	○	N/A	N/A	81		Paksane	N/A	N/A	N/A	
9		Phnom Penh Port	○	N/A	○	82		Thakhek	N/A	N/A	N/A	
10		Prek Kdam	○	N/A	○	83		Keng Kabao	N/A	N/A	N/A	
11		Kg. Chhnang	○	N/A	N/A	84		Ban Savang	N/A	N/A	N/A	
12		Kg. Luong	○	N/A	N/A	85		Savannakhet	○	N/A	○	
13		Snoc Trou	○	N/A	N/A	86		Paktaphane	○	N/A	N/A	
14		Bassac Chaktomouk	○	○	○	87		Pakse	○	N/A	○	
15		Koh Khel	○	N/A	N/A	88		Ban Mouang	○	N/A	N/A	
16		Tuk Chhoo	○	N/A	N/A	89		Ban Chan Noi	○	N/A	N/A	
17		Takhmao	N/A	N/A	N/A	90		Ban Hat Saikhoune	○	N/A	N/A	
18		Bac Prea	○	N/A	N/A	91		Veunkham	N/A	N/A	N/A	
19		Ban Khmoun	○	N/A	○	92		Muong Nam Tha	○	N/A	N/A	
20		Siempang	○	N/A	○	93		Ban Hat Kham	N/A	N/A	N/A	
21		Chantangoy	○	N/A	○	94		Ban Hong Leuay	○	N/A	N/A	
22		Ban Kamphun	○	N/A	○	95		Ban Hat Kham	○	N/A	N/A	
23		Voelun Sai	○	N/A	○	96		Muong Ngoy	○	N/A	○	
24		Andaung Meas	○	○	○	97		Ban Hatsa	N/A	N/A	N/A	
25		Lumphat	○	N/A	○	98		B.Fay	N/A	N/A	N/A	
26		Mong Kolborey	○	○	○	99		Ban Sibounhom	○	N/A	N/A	
27		Sisophon	○	N/A	○	100		Ban kok Van	○	N/A	○	
28		Kralanh	○	N/A	○	101		Ban Mixay(Ban Mout)	○	N/A	○	
29		Treng	○	N/A	○	102		Ban Pak Bak	○	N/A	○	
30		Battambang	○	N/A	○	103		Ban Phone Kheng	N/A	○	N/A	
31		Sre Ponleu	○	N/A	○	104		Ban Houa Khoua	N/A	N/A	N/A	
32		Mong Russey	○	N/A	N/A	105		Ban Nong Nieng	N/A	N/A	N/A	
33		Bot Chhvear/Untac Br	○	N/A	○	106		Ban Pak Kanhoung	N/A	N/A	○	
34		Prasat Keo	○	N/A	N/A	107		Tha Ngon	N/A	N/A	○	
35		Kompomg Kdei	○	N/A	○	108		Ban Pak Ngum	N/A	N/A	N/A	
36		Pursat	○	○	○	109		Ban Tha Lat	N/A	N/A	N/A	
37		Taing Leach	○	N/A	○	110		Keng Hay	○	N/A	N/A	
38		Bac Trakoun	○	N/A	○	111		Ba Na Bong	○	N/A	N/A	
39		Khum Viel	○	N/A	○	112		Veunkham	○	N/A	N/A	
40		Lo Lok Sar	○	N/A	N/A	113		Ban Na Luang	○	N/A	N/A	
41		Phum Kos	○	N/A	N/A	114		Ban Phien Luang	○	N/A	N/A	
42		Kbal hong(up)	○	N/A	N/A	115		Ban Hin Heup	N/A	N/A	○	
43		Kbal hong(down)	○	N/A	N/A	116		Ban Nam Pot	N/A	N/A	N/A	
44		Peam	○	N/A	○	117		Muong Kasl	○	N/A	○	
45		Prey Klong(down)	○	N/A	○	118		Vang Vieng	○	N/A	○	
46		Prey Klong(up)	○	N/A	N/A	119		Ban Hat Khay	○	N/A	N/A	
47		Sanlong(up)	○	N/A	N/A	120		Dam Site	N/A	N/A	N/A	
48		Sanlong(down)	○	N/A	N/A	121		Tadleuk	○	N/A	N/A	
49		Svay At	○	N/A	N/A	122		Muong Mai	○	N/A	○	
50		Campang	○	N/A	N/A	123		Muong Borikhane	○	N/A	N/A	
51		Svay Don Keo	○	○	○	124		Ban Hatxiengtom	○	N/A	N/A	
52		Kroch seuch(up)	○	N/A	N/A	125		Ban Phone Si	○	N/A	○	
53		Kroch seuch(down)	○	N/A	N/A	126		Ban Pak Ca Ding	N/A	N/A	N/A	
54		Wat Liep(down)	○	N/A	N/A	127		Kham Keut	N/A	N/A	○	
55		Wat Liep(up)	○	N/A	N/A	128		Ban Signo	N/A	N/A	○	
56		Thlea Maam(1)	○	N/A	N/A	129		Se Bang Fai	N/A	○	○	
57		Thlea Maam(up)	○	N/A	N/A	130		Ban Ton Hen	N/A	N/A	N/A	
58		Banteay Krang	○	N/A	○	131		Ban Xaysoung	N/A	N/A	N/A	
59		Boribo	○	N/A	○	132		Ban Phak Phua	N/A	N/A	N/A	
60		Kompomg Chen	○	N/A	○	133		Ban Tha Khan	N/A	N/A	N/A	
61		Kg. Thorn	○	N/A	○	134		Ban Pak Se Bang Fai	N/A	N/A	N/A	
62		Kompomg Putrea	○	N/A	○	135		Mahaxai	N/A	N/A	N/A	
63		Panha Chi	○	○	N/A	136		Kuanpho	N/A	N/A	N/A	
64		Kg. Thmar	○	○	○	137		Ban Keng Done	N/A	N/A	N/A	
65		Anlong Touk	○	N/A	○	138		Tchepon(Sop Nam)	N/A	N/A	N/A	
66		Thnous Loung/Kg.Spe	○	N/A	N/A	139		Highway Bridge	○	N/A	N/A	
67		Peamkhyey-dam site	○	○	○	140		Muong Nong	N/A	N/A	N/A	
68		Srok Sandan	○	N/A	N/A	141		Ban Muong Chan	○	N/A	N/A	
69		Svay Rieng	○	N/A	N/A	142		Highway Bridge	○	N/A	N/A	
70		Kompomg Trabek	○	N/A	N/A	143		Ban Phalane	○	N/A	N/A	
71		Prey Veng	○	N/A	N/A	144		Kengkok	○	N/A	N/A	
72		Stung Banam	○	N/A	N/A	145		Dong Hen	○	N/A	N/A	
73		Kompomg Ampil	○	○	N/A	146		Muong Atsaphone	N/A	N/A	N/A	
						147		Ban Sebangnouane	N/A	N/A	N/A	
						148		Ban Nanai	N/A	N/A	N/A	
						149		Khong Sedone	○	N/A	N/A	
						150		Saravanne	○	N/A	N/A	
						151		Souvanna Khili	○	N/A	N/A	
						152		Ban Done Xe	○	N/A	N/A	
						153		Km35	○	N/A	N/A	
						154		Km8	○	N/A	N/A	
						155		BanBangLieng	○	N/A	N/A	
						156		Km40	○	N/A	N/A	
						157		B.MaiVangMakxeo	○	N/A	N/A	
						158		M.May(Attopeu)	○	N/A	○	
						159		VeunKhene	○	N/A	○	
						160		Khoueng Sekong	○	N/A	N/A	
						161		BanFangDeng(Attapue)	○	N/A	N/A	
Number of available stations			72	9	38		Number of available stations			48	2	19

表 2.4 気象水文データの整備状況 (タイ、ベトナム)

No.	Country	Station	Items (1987.1.1~2018.12.31)			No.	Country	Station	Items (1987.1.1~2018.12.31)		
			Water Level	Rainfall	Discharge				Water Level	Rainfall	Discharge
162	Thailand	ChiangSean	○	N/A	○	209	Vietnam	Tan Chau	○	N/A	○
163		SopKok	N/A	N/A	○	210		My Thuan	○	N/A	○
164		ChiangKhong	N/A	N/A	N/A	211		My Tho	○	N/A	N/A
165		BanSangKhom	N/A	N/A	N/A	212		Cho Moi	N/A	N/A	N/A
166		Chiang Khan	○	N/A	○	213		Hoa Binh	N/A	N/A	N/A
167		Pa Mong Dam Site	N/A	N/A	N/A	214		Cao Lanh	N/A	N/A	N/A
168		Nong Khai	○	N/A	○	215		Chau Doc	N/A	N/A	N/A
169		Tha Bo	○	N/A	N/A	216		Long Xuyen	○	N/A	N/A
170		Phon Phisai	○	N/A	N/A	217		Can Tho	○	N/A	○
171		Ban Nong Bua	○	N/A	N/A	218		Dai Ngai	○	N/A	○
172		Nakhon Phanom	○	N/A	○	219		Kontum	○	N/A	○
173		That Phanom	○	N/A	N/A	220		Trung Nghai	○	N/A	○
174		Mukdahan	○	N/A	○	221		Buon Krong Buk	N/A	N/A	○
175		Khemarat	○	N/A	N/A	222		Buon Krong Ana	○	N/A	○
176		Khong Chiam	○	N/A	○	223		Duc Xuyen	○	N/A	○
177		Ban Pa Yang	○	N/A	○	224		Cau 14(Buon Bur)	○	N/A	○
178		Ban Huai Yano Mai	N/A	N/A	○	225		Drayling I	○	N/A	○
179		Chiang Rai	N/A	N/A	N/A	226		Drayling II	○	○	○
180		Ban Tha Ton	○	N/A	○	227		Ban Don	○	N/A	○
181		Ban Tha Mai Liam	N/A	N/A	○	228		Iahleo	○	N/A	○
182		Ban Tha Sai	N/A	N/A	○	229		Vung Tau	○	N/A	N/A
183		Dam Site	N/A	N/A	○	230		Moc Hoa	○	N/A	N/A
184		Dam Site	N/A	N/A	○	231		My Hoa	○	○	N/A
185		Thoeng	N/A	N/A	○	232		Cho Lach	○	N/A	N/A
186		Ban Pak Huai	○	N/A	○	233		Vam Nao	○	N/A	○
187		Dan Sai	○	N/A	○	234		Tra Vinh	○	N/A	N/A
188		Dam Site	○	N/A	○	235		Xuan To	○	N/A	N/A
189		Wang Saphung	○	N/A	○	236		Tri Ton	○	N/A	N/A
190		Ban Wang Sai	○	N/A	○	237		Long Dinh	○	N/A	N/A
191		Ban Tha Kok Daeng	○	N/A	○	238		Tan Hiep	○	N/A	N/A
192		Nam Kae	○	N/A	○	239		Vi Thanh	○	N/A	N/A
193		Ban Tham Hai Bridge	○	N/A	○	240		Phung Hiep	○	N/A	N/A
194		Ban Nong Aek Bridge	○	N/A	N/A	241		Cai Lay	N/A	N/A	N/A
195		Ban Na Kham Noi	○	N/A	○	242		Hung Thanh	N/A	N/A	N/A
196		Yasothon	○	N/A	○						
197		Ban Chot	○	N/A	○						
198		Ban Kae(Si Chomphu)	○	N/A	○						
199		Ban Tha Dua	○	N/A	○						
200		Ban Nong Kiang	○	N/A	○						
201		Ban Tad Ton	○	N/A	○						
202		Ban Na Thom	○	N/A	○						
203		Ubon	○	N/A	○						
204		Pak Mun	○	N/A	○						
205		Kaeng Saphu Tai	○	N/A	○						
206		Rasi Salai	○	N/A	○						
207		Ban Huai Khayuong	○	N/A	○						
208		Ban Fang Phe	○	N/A	○						
		Number of available stations	36	0	37			Number of available stations	27	2	15

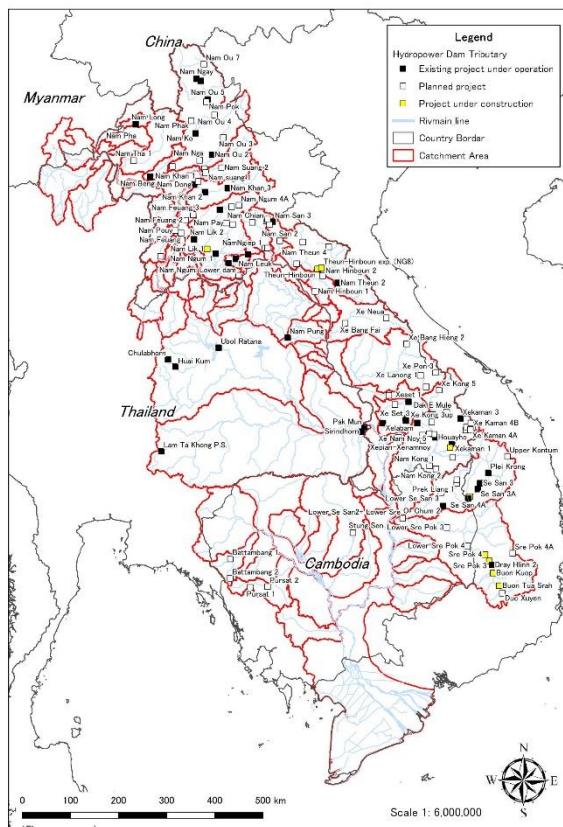
2.3 ダム

図 2.10 と図 2.11 に 2014 年時点のメコン河本川ならびに支川のダム位置（既設、計画）を示す。メコン河本川のダムは 11 基、支川のダムは 125 基である。支川のダムについては、2.5.4 節で述べる MRC の Council Study で整理されている 58 基と数が異なる。これは管理者（ダムオーナー）の違いが理由と考えられる。



出典：MRC 提供データを元に調査団が作成

図 2.10 メコン河本川ダム位置図



出典：MRC 提供データを元に調査団が作成

図 2.11 メコン河支川ダム位置図

留意すべき点は本川のダムである。後述する MRC の Council Study では、ラオス国北部の Xayaburi ダムとラオス国チャンパサック県（コーンの瀑布）のフーサホンと呼ばれるメコン河の分流に位置する Don Sahong ダムの 2 基が 2019 年に完成予定であることが報告されている。調査団は衛星画像（2019 年取得）から、2 基のダムは建設が進んでおり完成が近いことを確認している。

Xayaburi ダムは流れ込み式のダムであることが想定される（図 2.12）。この場合、ダムによる土砂の捕捉は少なく、土砂収支バランスに与える影響は少ないことが想定される。一方の Don Sahong ダムはメコンの網状流路の 1 つの流路に建設されており、ダム堤体の上流側に周囲堤と思われる構造物が建設されている（図 2.13）。画像からは発電形式の判断はできないが、本川に設置されるダムは社会環境上問題が発生する恐れがあることから、今後ダムの詳細な情報収集に加え、その影響をモニタリングする必要がある。



出典：Google Map



出典：Google Map

図 2.12 Xayaburi ダム



出典：Google Map

図 2.13 Don Sahong ダム

2.4 気候変動

MRCは流域開発や気候変動による影響を評価した調査を既に行っている。2015年にClimate Change Adaptation Initiative (CCAI) を研究・公開している。また、後述する2018年に公開したCouncil Studyにおいても想定した開発シナリオにおいて気候変動による影響の評価を行っている。

表 2.5 に CCAI の気候変動検討条件を示す。CCAI では、最新の気候変動調査である IPCC 第 5 次評価報告書¹を参考に計算条件を設定している。

表 2.5 CCAI (2015)における気候変動検討条件

No.	項目	概要
1	流域管理モデル	MRC Toolbox の DSF を採用 Base line: 2007 Model: Data set approved by MRC and all NMC
2	気候変動シナリオ	AR5 の代表濃度経路シナリオ (Representative Concentration Pathways、RCP) を元に設定 Low: RCP 2.6 Medium: RCP 6.0/4.5 High: RCP 8.5
3	大気循環モデル (GCM)	GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (流体力学研究所) が開発したモデルを採用
4	評価期間	以下に示す、短中長期の予測計算を実施 Short: 2030年 (2021年 - 2040年) Mid: 2060年 (2031年 - 2070年) Long: 2090年 (2081年 - 2100年)

Council Study では気候変動を考慮した 2040 年の予測計算を実施している。表 2.6 のシナリオ M3CC が気候変動を考慮した検討ケースである。M3CC のシナリオには、C2 (湿潤傾向) と C3 (乾燥傾向) のサブシナリオを検討している。

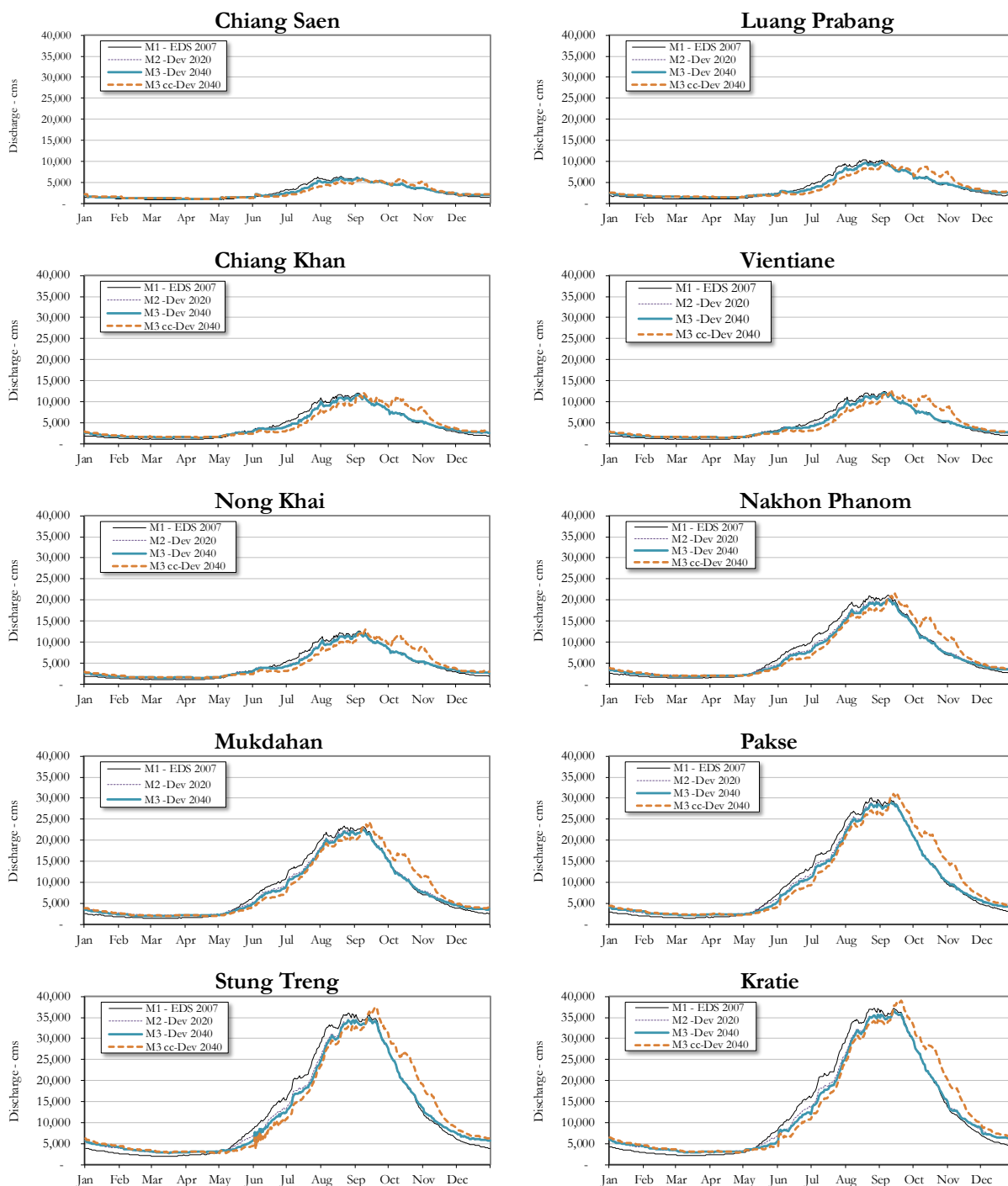
表 2.6 Council Study の開発シナリオ

	Scenario	Level of Development for water-related sectors						Climate
		ALU	DIW	FPF	HPP	IRR	NAV	
M1	Early Development Scenario 2007 (Base Sc.)	2007	2007	2007	2007	2007	2007	1985-2008
M2	Definite Future Scenario 2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	1985-2008
M3	Planned Development Scenario 2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040	1985-2008
M3 CC	Planned Development Scenario 2040	2040	2040	2040	2040	2040	2040	More seasonal

※ALU : Agriculture & Lan Use, DIW: Drinking & Industrial Water use, FPF: Flood Protection, HPP: Hydro Power Plants, IRR: Irrigation, NAV: Navigation. CC: Climate Change, Source: MRC

¹ Fifth Assessment Report (AR5) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

開発シナリオ別のメコン河本川のハイドログラフを図 2.14 に示す。また表 2.7 に計算結果の数値一覧を示す。気候変動による影響は、M3 シナリオと M3CC シナリオを比較することで確認できる。これによると気候変動により 6 月から 8 月の流量が減少し、8 月から 11 月の流量が増加することがわかる。また洪水のピーク流量が増大することも確認できる。



出典：MRC 調査団が書式を変更

図 2.14 経済シナリオ別ハイドログラフ

表 2.7 シナリオ別流出計算結果一覧 (期間 1985 年～2008 年)

Station	Scenario	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Wet (May - Oct)	Dry (Nov - Apr)	Average	Compare with M1	
Chiang Saen	M1 - EDS 2007	1,240	994	863	826	1,240	2,177	4,450	5,845	5,397	4,018	2,686	1,635	3,854	1,374	2,614	-7%	20%
	M2 - Dev 2020	1,534	1,244	1,145	1,074	1,355	1,942	3,556	5,376	5,270	4,077	2,827	2,029	3,596	1,642	2,619	-7%	19%
	M3 - Dev 2040	1,533	1,242	1,143	1,073	1,354	1,941	3,554	5,376	5,268	4,076	2,825	2,028	3,595	1,641	2,618	-7%	19%
Luang Prabang	M3cc - Dev 2040	1,602	1,292	1,172	1,093	1,316	1,699	2,797	4,618	5,264	4,915	3,190	2,143	3,435	1,749	2,592	-11%	27%
	M1 - EDS 2007	1,505	1,166	1,020	1,046	1,825	3,284	7,439	9,605	8,432	5,394	3,469	2,143	5,869	1,710	3,789	-6%	20%
	M2 - Dev 2020	1,904	1,516	1,385	1,346	1,903	2,880	5,660	8,991	8,288	5,462	3,656	2,526	5,531	2,056	3,793	-7%	24%
Chiang Khan	M3 - Dev 2040	1,964	1,586	1,469	1,426	1,919	2,807	5,436	8,827	8,253	5,456	3,678	2,601	5,450	2,121	3,785	-9%	38%
	M3cc - Dev 2040	2,135	1,684	1,534	1,469	1,803	2,914	4,309	7,666	8,588	7,458	4,494	2,844	5,351	2,360	3,856	-6%	20%
	M1 - EDS 2007	1,568	1,183	1,057	1,142	2,300	3,283	7,439	10,823	10,074	6,320	3,817	2,170	6,811	1,821	4,316	-5%	19%
Vientiane	M2 - Dev 2020	1,984	1,536	1,422	1,446	2,353	3,593	6,335	10,220	9,928	6,386	4,004	2,662	6,469	2,176	4,322	-6%	24%
	M3 - Dev 2040	2,110	1,601	1,480	1,504	2,307	3,655	6,089	10,348	10,368	6,577	4,131	2,795	6,383	2,251	4,317	-6%	24%
	M3cc - Dev 2040	2,382	1,705	1,532	1,492	2,103	2,855	4,858	8,800	10,534	9,216	5,137	3,044	6,392	2,546	4,469	-6%	40%
Nong Khai	M1 - EDS 2007	1,573	1,187	1,056	1,140	2,341	4,037	7,481	11,098	10,535	6,523	3,906	2,201	6,998	1,841	4,420	-5%	19%
	M2 - Dev 2020	2,003	1,540	1,421	1,447	2,410	3,792	6,439	10,588	10,514	6,641	4,098	2,690	6,731	2,200	4,465	-6%	23%
	M3 - Dev 2040	2,114	1,600	1,483	1,510	2,334	3,711	6,154	10,453	10,505	6,636	4,148	2,804	6,632	2,276	4,454	-6%	40%
Nakhon Phanom	M3cc - Dev 2040	2,387	1,706	1,534	1,497	2,124	3,001	4,896	9,145	11,220	9,614	5,346	3,086	6,667	2,593	4,630	-6%	40%
	M1 - EDS 2007	2,117	1,593	1,416	1,637	3,667	8,292	13,619	19,393	18,463	10,184	5,482	3,083	12,270	2,555	7,412	-7%	24%
	M2 - Dev 2020	2,910	2,252	1,999	2,037	3,373	6,941	11,717	18,191	17,939	10,272	5,987	3,862	11,405	3,174	7,290	-10%	17%
Mukdahan	M3 - Dev 2040	2,731	2,006	1,853	1,932	3,025	6,544	11,151	17,780	17,715	10,023	5,699	3,645	11,040	2,978	7,009	-8%	35%
	M3cc - Dev 2040	3,061	2,158	1,947	1,917	2,716	5,519	10,195	16,647	19,017	13,852	7,574	4,006	11,325	3,444	7,384	-5%	0%
	M1 - EDS 2007	2,121	1,602	1,445	1,723	3,842	8,844	15,263	21,814	20,336	10,756	5,588	3,106	13,476	2,598	8,037	-5%	30%
Pakse	M2 - Dev 2020	3,069	2,375	2,137	2,215	3,632	7,589	13,516	20,865	20,073	11,127	6,336	4,095	12,800	3,371	8,086	-8%	21%
	M3 - Dev 2040	2,859	2,100	1,974	2,102	3,286	7,174	12,945	20,457	19,848	10,846	5,996	3,837	12,426	3,145	7,785	-5%	39%
	M3cc - Dev 2040	3,189	2,252	2,061	2,054	2,905	6,053	12,070	19,373	21,379	14,907	7,906	4,202	12,781	3,611	8,196	-5%	2%
Sirung Treng	M1 - EDS 2007	2,398	1,733	1,536	1,868	4,245	10,701	18,361	27,562	26,936	14,883	7,228	3,727	17,115	3,082	10,098	-5%	23%
	M2 - Dev 2020	3,304	2,489	2,208	2,348	4,052	9,379	16,472	26,332	26,475	14,992	7,822	4,638	16,283	3,801	10,042	-7%	22%
	M3 - Dev 2040	3,390	2,509	2,179	2,322	3,457	8,817	15,736	25,917	26,532	14,895	7,659	4,583	15,892	3,774	9,833	-5%	45%
Kratie	M3cc - Dev 2040	3,684	2,668	2,320	2,329	2,984	7,413	14,418	24,653	28,093	20,028	10,560	5,234	16,265	4,466	10,365	-6%	27%
	M1 - EDS 2007	3,210	2,311	2,010	2,440	5,286	12,476	21,921	33,569	33,152	19,343	9,000	4,780	20,958	3,958	12,458	-9%	28%
	M2 - Dev 2020	4,590	3,432	2,882	3,042	4,765	10,443	19,110	31,463	32,405	19,622	9,975	6,230	19,635	5,026	12,330	-7%	48%
M3 - Dev 2040	M3 - Dev 2040	4,727	3,512	2,898	3,012	4,068	9,702	18,183	30,968	32,530	19,584	9,887	6,279	19,172	5,052	12,112	-6%	24%
	M3cc - Dev 2040	5,083	3,722	3,041	2,981	3,488	8,176	16,553	29,734	34,073	25,127	13,188	7,051	19,525	5,844	12,685	-7%	43%
	M1 - EDS 2007	3,485	2,544	2,172	2,514	5,196	12,514	22,181	34,626	34,990	21,416	10,203	5,369	21,820	4,381	13,101	-8%	24%
M3 - Dev 2040	M2 - Dev 2020	4,881	3,673	3,053	3,133	4,739	10,495	19,393	32,427	34,192	21,630	11,142	6,793	20,479	5,446	12,963	-8%	24%
	M3 - Dev 2040	4,946	3,734	3,008	3,064	4,193	9,835	18,405	31,984	34,396	21,682	11,102	6,702	20,083	5,426	12,754	-7%	43%
	M3cc - Dev 2040	5,337	3,933	3,162	3,046	3,758	8,257	16,650	30,736	35,752	27,156	14,562	7,605	20,385	6,274	13,330	-7%	43%

出典：MRC Council Study

2.5 Council Study のレビュー

メコン河流域の最新の流域管理は2017年のメコン河委員会による Council Study において検討されている（公開は2018年4月）。Council Study では将来の水資源開発や気候変動に関する様々なシナリオにおいて、5つの分野（生物資源・社会経済的・マクロ経済・水文学的な影響・気候変動）について（正と負の両面から）が評価されている。

本業務は、森林保全のアプローチからメコン河流域における持続可能な流域管理に関する調査を行う案件であるが、本節では Council Study のレビューを行い、森林保全以外のテーマも含めた幅広い分野を対象に課題を整理した。

2.5.1 メコン河流域の特徴

2.5.1.1 集水域

第1章で述べたとおり、メコン河はチベット高原を源として、中国、ミャンマー、ラオス、タイ、カンボジア、ベトナムを流下し、南シナ海へと流れる河川延長約 4,350km、流域面積約 795,000km² の国際河川である²。

メコン河流域における各国の占有率を表 2.8 に示す。ラオスが最も大きく、次いでタイ、中国と続く。MRC が管轄する4カ国の占有率は76.2%で、23.8%は中国とミャンマーが占める。

表 2.8 メコン川流域集水域

国名	面積(km ²)	占有率
1.中国	165,000	20.8%
2.ミャンマー	24,000	3.0%
3.ラオス人民民主共和国	202,000	25.4%
4.タイ	184,000	23.1%
5.カンボジア	155,000	19.5%
6.ベトナム	65,000	8.2%
アッパー・メコン (合計 1&2)	189,000	23.8%
メコン河下流域 (合計 3~6)	606,000	76.2%
流域全体 (合計 1~6)	795,000	100.0%

出典:メコン川流域の水文学の概観。MRC、ビエンチャン、ラオス、2005年



出典：Basin Development Plan Programme of the Atlas Lower Mekong River Basin Planning, 2011, MRC

図 2.15 メコン河流域

Council Study の対象地域は、ラオス、タイ、カンボジア、ベトナムの4カ国にまたがる約 606,000km² の流域であり、ミャンマー国は含まれない。

² MRC, Overview of the Hydrology of the Mekong Basin" (PDF), 2005.

2.5.2 地形

メコン河流域 (LMB) の標高は、海拔 0m から約 2,800m の範囲にあり、ベトナム国のメコンデルタの標高はゼロである。LMB は地理的特徴から、大きく北高地、コーラート高原、トンレサップ盆地、メコンデルタの 4 地域に分類される (図 2.16³)。

2.5.2.1 北部高地

北部高地はラオス国の北部に位置する。タイでは大部分が山岳地帯であり、標高は約 500m から 2800m である。この地域では、メコン河とその主な支川は険しい渓谷を流れており、本川にはラオス・カスケードダムと呼ばれる 5 つの水力発電ダムが計画されている。

2.5.2.2 ホラート高原

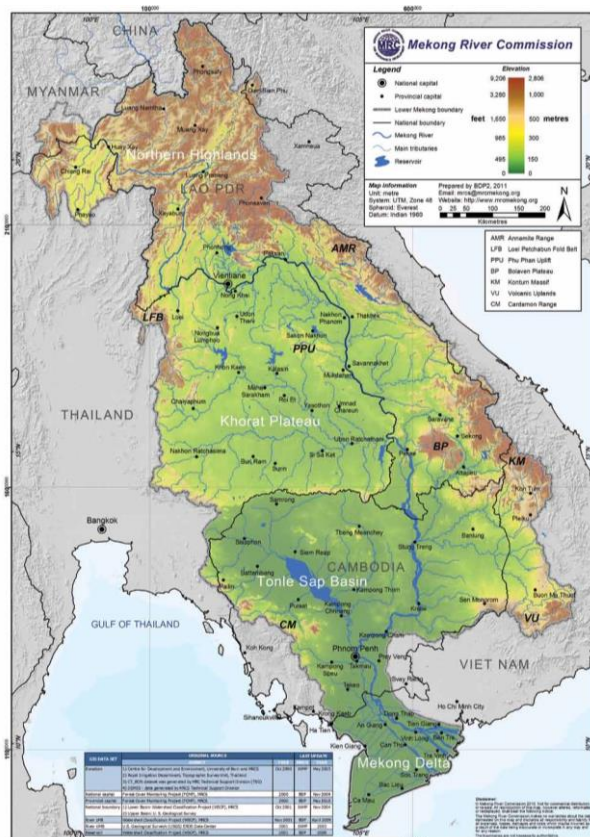
Khorat 台地の標高は海拔約 300m の平坦な台地である。高原の東にはアナマイト山脈が連なり、ラオスとベトナムの国境に沿って南北に延びている。

2.5.2.3 トンレサップ盆地

トンレサップ盆地は海拔約 100m 以下の沖積平野である。北は Khorat 高原の尾根、南西はカルダモン山脈に接している。盆地内には東南アジア最大の湖であるトンレサップ湖がある。トンレサップ湖の面積は乾期で約 2,500km²、雨期で 16,000km² となり、乾季と雨季の水位差は 10m 程度である。

2.5.2.4 メコンデルタ

メコンデルタはカンボジア国の首都プノンペンから始まり、メコン河の下流に広がる。メコン河はまずデルタ地帯で 2 つの主要な河川に分かれ、さらに分流していき最終的にベトナム国のベンチェ省で南シナ海に流れ込む。デルタの標高は海拔 0m から 100m で、ほぼフラットな地形を有する。デルタの内陸側は河川の堆積によって形成され、一方の海岸側は潮汐や波浪、海流によって運搬された漂砂の堆積により形成された。



出典：アトラスメコン川下流域開発計画 2011 年 MRC

図 2.16 メコン河流域地形

³ MRC, Basin Development Plan Program, Planning Atlas of the Lower Mekong River Basin, Cambodia • Lao PDR • Thailand • Viet Nam, for sustainable development, 2011

2.5.3 土地利用

MRC の Council Study では LMB 加盟国から提供された土地利用データと MRC のデータベースに基づいて土地利用マップ（2007 年時点のベースラインマップ）を作成している。また、Council Study⁴では以下の情報に基づいて将来（2040 年）の森林面積と農業面積を予測している。

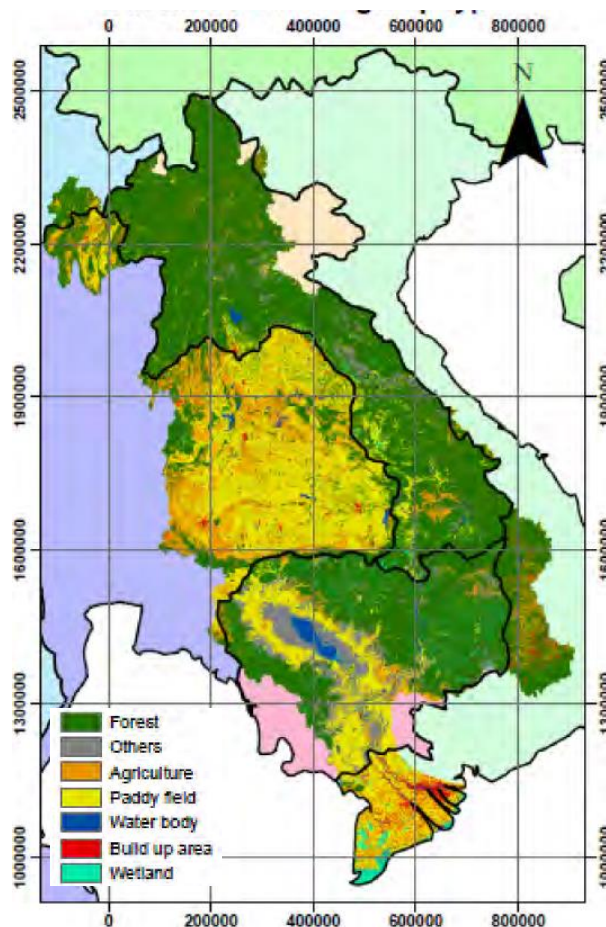
- 過去の土地利用変化の傾向
- 進行中の開発プロジェクト
- MRC 加盟国における土地開発又は保全に関する政策・法令・規制
- 農業開発の可能性のある土地

表 2.9 と表 2.10 に 2007 年と 2040 年（予測）の土地利用面積を示す。また図 2.17 に 2007 年時点の土地利用図を示す。

LMB 内の土地利用の殆どが森林、水田、農地で占められている。森林はトンレサップ湖周辺を除くラオスのほぼ全域とカンボジアの大部分に広がっている。他方、水田と農業地域はタイ国（北部高地とホラート高原）のほぼ全域、カンボジアのトンレサップ湖周辺およびベトナムのメコンデルタに広がる。

Council Study において、現在および将来の農業地域（天水農業）、灌漑農業地域および森林地域について、以下の報告が行われている。

- ベトナムを除く LMB 諸国では、天水農業地域および森林と比較し、灌漑農業地域が 2007 年から 2040 年に大きく増加することを想定している。一方、ベトナム（メコンデルタ）では、ホーチミン市とプノンペン市間の回廊に沿った灌漑水田地域の一部が都市開発される予定があり、2007 年から 2040 年までの灌漑水田地域のわずかな減少が想定される。
- カンボジアを除く LMB 諸国の天水依存の農業は、2007 年から 2040 年にかけてわずかに増加する。カンボジアは天水農業の面積は著しく増加する。
- 灌漑農業面積や天水農業面積とは対照的に、カンボジア、タイ、ベトナムの森林面積は 2007



出典:MRC Council Study⁴

図 2.17 2007 年現在の土地利用マップ

⁴ MRC, The Council Study, Thematic Report on Impacts of Non-Irrigated Agriculture Development and General Trends in Major Land-Use Categories in the Lower Mekong River Basin Including Recommendations for Impact Avoidance and Mitigation Measures, 2018

年から 2008 年に減少する。ラオスでは森林面積は増加し、増加率は 6.5%である。

- 2007 年時点の天水農業地域（約 2,200 万 ha）は、灌漑農業面積（約 300 万 ha）よりかなり大きい（約 7.4 倍）。その差はタイの天水農業から灌漑農業への転換により、狭まることが想定されている。

表 2.9 2007 年時点の土地利用

国名	天水農業地帯		灌漑水田		森林	
	面積(ha)	共有	面積(ha)	共有	面積(ha)	共有
カンボジア	3,719,442	(16.8%)	273,337	(9.2%)	8,303,852	(25.9%)
ラオス	1,925,550	(8.7%)	209,116	(7.0%)	17,379,583	(54.3%)
タイ	13,484,104	(60.8%)	776,980	(26.1%)	4,133,540	(12.9%)
ベトナム	3,057,033	(13.8%)	1,713,130	(57.6%)	2,204,119	(6.9%)
合計	22,186,129	(100.0%)	2,972,563	(100.0%)	32,021,094	(100.0%)

出典:MRC Council Study³

表 2.10 2040 年の土地利用（予測）

国名	天水農業地帯		灌漑水田		森林	
	面積(ha)	共有	面積(ha)	共有	面積(ha)	共有
カンボジア	6,073,999	(24.1%)	678,030	(14.2%)	5,949,295	(19.5%)
ラオス	2,148,168	(8.5%)	597,893	(12.6%)	18,516,307	(60.8%)
タイ	13,391,904	(53.2%)	1,810,650	(38.0%)	4,170,693	(13.7%)
ベトナム	3,565,749	(14.2%)	1,674,915	(35.2%)	1,842,196	(6.0%)
合計	25,179,820	(100.0%)	4,761,488	(100.0%)	30,478,491	(100.0%)

出典:MRC Council Study³

2.5.4 水力発電ダム開発

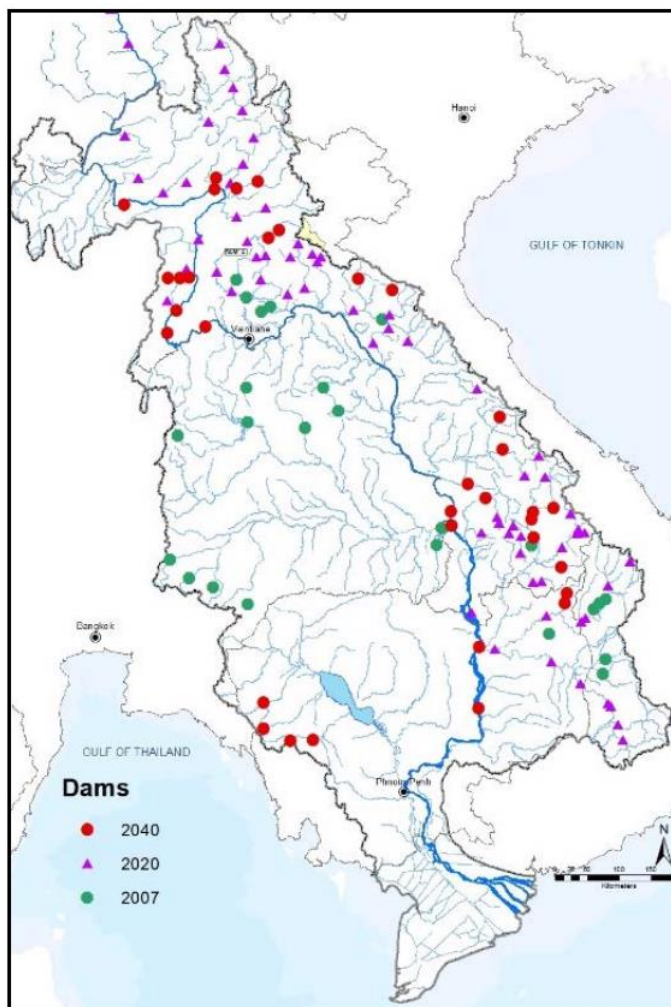
表 2.11 に LMB 内の水力発電ダムの一覧を、図 2.18 に位置をそれぞれ示す。ダム数の国別シェアは、ラオスの 52 ダム、ベトナムの 10 ダム、タイの 5 ダム、カンボジアの 2 ダムである。Council Study ではメコン河本川を横断して建設される水力発電ダムはないと報告されている（2017 年時点）。メコン河諸国の近年の急速な電力需要の増加に対応するために、本川に 2 つの水力発電ダム（Xayaburi ダムと Don Sahong ダム）と支川に 20 のダムが建設中である。本川では、さらに 9 つの水力発電ダムが計画されている。

表 2.11 LMB 内の水力発電ダムプロジェクト

国名	メコン河本川				支川			
	既存	継続中	計画済	合計	既存	継続中	計画済	合計
カンボジア	0	0	2	2	0	0	0	0
ラオス	0	2	7	9	23	20	0	43
タイ	0	0	0	0	5	0	0	5
ベトナム	0	0	0	0	10	0	0	10
合計	0	2	9	11	38	20	0	58

資料:MRC⁵

⁵ WLE, 2016. Dataset on the Dams of the Irrawaddy, Mekong, Red and Salween River Basins. Vientiane, Lao PDR: CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems - Greater Mekong". CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (Greater Mekong). Retrieved 2018-04-04.



出典：MRC

図 2.18 現在及び将来の水力ダム の位置図

表 2.12 に水力発電ダム の主な諸元を示す。

表 2.12 水力発電ダム の主な諸元

項目	本川ダム(11 ダム)				支川ダム(58 ダム)			
	合計	最大	最小値	平均	合計	最大	最小値	平均
導入容量 (MW)	13,004	2,600	256	1,182	9,900	1,075	15	165
年平均エネルギー (GW)	62,257	11,749	2,000	5,660	37,388	5,936	53	645
総貯水容量 (百万 m ³) *	N/A	N/A	N/A	N/A	38,680	4,700	0.76	967
最大貯水面積 (km ²)	1,456	620	2.2	132	2,702	450	0.027	66
ダム高さ (m)		85	22	44		182	6.0	66
ダム堤頂長 (m)		18,002	318	3,892		7,729	75	693

*:総貯蔵量の推定は、入手できる情報が総ダム 11 基のうち 3 基に限られている。

出典：Greater Mekong Observatory⁴

表 2.12 の諸元から、調査団は計画中の水力発電ダムの特徴は以下の通りと考える。

- 13,004MW の設置容量を持つ 11 の本川ダムは、年間平均 62,257GW のエネルギーを発電することができ、これは 9,900MW の設置容量を持つ 58 の支川ダムの発電量はるかに上回る。本川ダムと支川ダムの設置容量と年間エネルギー量の違いから、本川ダムの発電効率は支川ダムに比べはるかに高いと評価される。このため、本川の水力発電ダムは LMB 地域における水力発電の中核となり得る。
- 本川ダムの貯水面積は平均で 132km² と支川のダムの平均貯水面積である 66km² よりはるかに広い。また、本川沿いの人口は支川沿いに比べて多い。このため本川ダムは、支川のダムより大規模な住民移転が想定される。
- 建設中の 2 つの水力発電ダム (Xayaburi ダムと Don Sahong ダム) の発電形式は流れ込み式とされている。流れ込み式の発電はダム形式の発電にくらべ、河川流況への影響が少ない。他の 9 つの本川ダムについても流れ込み式が採用されることが想定される⁶。一方、ダムへの流入量の変動が大きい支川では、ダム形式の発電が採用される可能性が高い。このため、支川のダム高 (平均 66m) は本川ダム高 (44m) より高くなっている。

2.5.5 洪水

メコン河では洪水氾濫がほぼ毎年発生し、大規模な浸水や人命の損失を含む深刻な洪水被害をもたらしている。ラオスとタイの氾濫域は河川沿いの限られた範囲であるが、これとは対照的にカンボジアとベトナム、特にカンボジアのトンレサップ湖とベトナムのメコンデルタ周辺の氾濫原では大規模な洪水氾濫が発生する傾向がある (図 2.19 を参照)。

近年は 2010 年と 2011 年に洪水が発生している。表 2.13 に洪水の被害状況を示す。下流のカンボジアやベトナムと比べ、タイとラオスでは洪水被害は少ないことがわかる。

表 2.13 2000 年及び 2011 年洪水の死者数及び損失額

国名	2000 年洪水		2011 年洪水	
	死者数	損失額(百万ドル)	死者数	損失額(百万ドル)
カンボジア	350	159	250	634
ベトナム	320	125	104	260
タイ	25	30	N/A	N/A
ラオス	15	21	42	208
合計	710	335	396	1,102

出典:MCR Study⁷

LMB における洪水は、「洪水とともに生きる」の概念を通じて部分的に受け入れられてきた。しか

⁶ MRC 「The Council Study, The Study on the Sustainable Management and Development of the Mekong River Basin, including Impacts of Mainstream Hydropower Projects, Climate Change Report, Climate Change Impacts for the Council Study Sectors」、2017 年

⁷ MRC 「The Council Study, The Study on the Sustainable Management and Development of the Mekong River Basin, includes Impacts of Mainstream Hydropower Projects, Flood Sector Key Findings Report, Flood Protection Structures and Floodplain Infrastructure」 (2018 年)

し、氾濫原における土地利用の高度化による洪水被害の増加や気候変動の進行に伴い、洪水防御の必要性が高まっている。近年、LMB の加盟国は、主要な治水事業として河岸防御と氾濫原管理を行っている⁸。

河岸防御の目的は、メコン河本川の深刻な河川侵食から堤防を保護し、河川堤防により河川氾濫を防止することである。しかし、工事が完成した割合はまだ限られている。MRC の推計によれば、LMB 各国の工事完成区間の割合は、ラオスが 5.8%、タイが 17.0%、カンボジアが 1.7%、ベトナムが 6.3% である（図 2.20 を参照）。

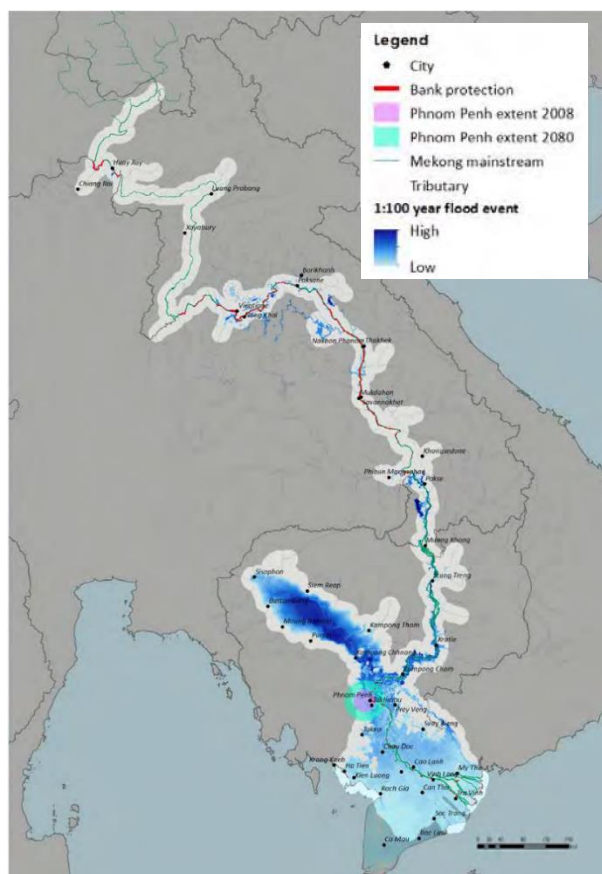


図 2.19 100 年洪水の浸水範囲

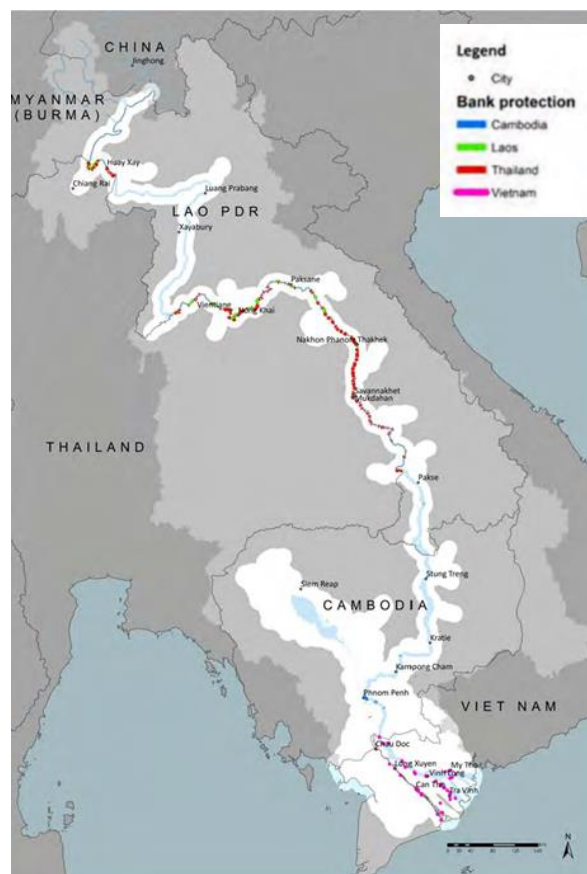


図 2.20 河岸防御工事完成位置

出典:MRC

洪水管理については、カンボジアでは、氾濫原への洪水流を遮断する機能をもつ道路網の整備計画がある。ベトナムではメコンデルタの農地または都市地域への浸水を防ぐため、すでに多くの環状堤防（輪中堤）が整備されている。

⁸ MRC, The Council Study, The Study on the Sustainable Management and Development of the Mekong River Basin, including Impacts of Mainstream Hydropower Projects, Flood Sector Key Findings Report, Flood Protection Structures and Floodplain Infrastructure, 2018

2.5.6 自然環境

2.5.6.1 河川水質

Council Study では、メコン河本川の下流と支川における 22 カ所の観測地点において、以下の 4 つの河川水質の観測を行っている⁹。

- 化学的酸素要求量 (COD)
- 全リン濃度 (TOTP)
- アンモニウム濃度 (NH₄)
- 硝酸塩/亜硝酸塩濃度 (NO₃ と NO₂)

表 2.14 に水質項目の監視濃度と 2004 年に実施したモニタリングの結果を示す。また図 2.21 に各水質項目の空間分布を示す。

表 2.14 水質項目の監視濃度と閾値

項目	しきい値*	2004 年のモニタリング結果
COD	5.0 mg/L	7 つの水質観測ではしきい値以上の COD 濃度を観測
TOTP	0.13 mg/L	全測定局で閾値以上を記録
NH ₄	0.5 mg/L	局番監視値以外のすべての監視値。19 回がしきい値を下回っています。しかし、オーバートップ値でも 0.6 mg/L であり、0.1 mg/L を上回っているにすぎない。
NO ₃ 、NO ₂	5.0 mg/L	全ての観測所で 1.2 mg/L 未満であり、閾値を十分に下回っている。

* 「人の健康と水生生物の保護のための MRC 水質ガイドライン」で設定したしきい値。

* 出典: MRC Council Study⁹

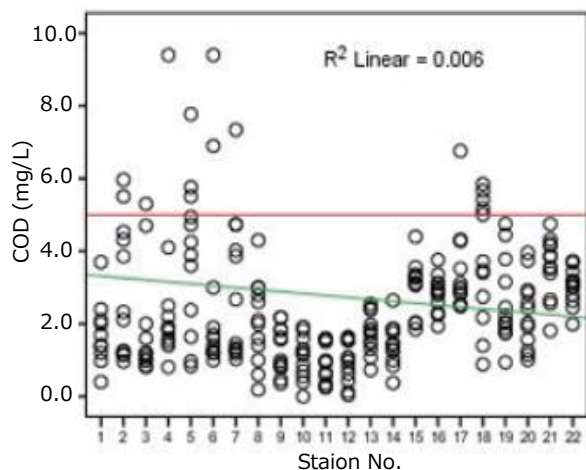
表 2.14 および図 2.21 から、アンモニウム濃度と硝酸塩/亜硝酸塩の濃度は、大部分が閾値を下回っており、水生生物及び人の健康にとって許容範囲であると判定された。しかし、科学的酸素要求量 (COD) については、閾値 (5mg/L) を上回る地点がある。また、全リン濃度 (TOTP) は多くの地点で閾値 (0.13 mg/L) を上回っている。Council Study では、2000 年の全リン濃度は平均で 0.058 mg/L であったが 2014 年には約 0.13 mg/L に増加したとのことである¹⁰。全リン濃度の増加は、メコン河流域が農薬や都市排水によって汚染が進んでいることを示唆している。

MRC の調査では、カンボジアでは 82%、ラオスでは 55%の世帯がメコン河の原水を飲料水として利用している⁷。河川水質の悪化は水利用に影響を及ぼすことから、メコン河の水の安全保障は LMB の流域管理における重要課題の一つになる可能性がある。

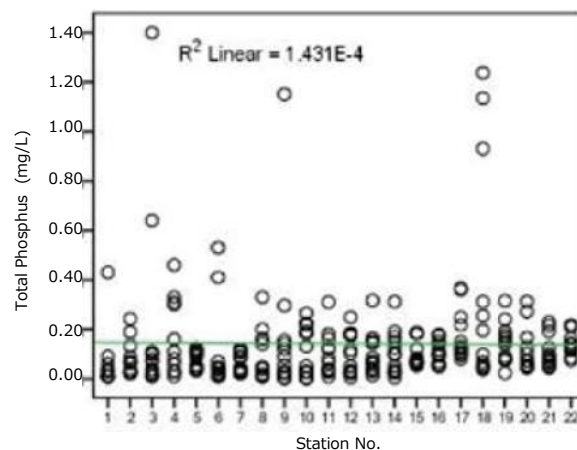
⁹ MRC, The Council Study, The Study on the Sustainable Management and Development of the Mekong River Basin, including Impacts of Mainstream Hydropower Projects, Thematic Report on the Positive and Negative Impacts of Domestic and Industrial Water Use on the Social, Environmental, and Economic Conditions of the Lower Mekong River Basin and Policy Recommendations, 2017

¹⁰ MRC 「The Council Study, The Study on the Sustainable Management and Development of the Mekong River Basin, includes Impacts of Mainstream Hydropower Projects, Thematic Report on the Positive and Negative Impacts on the Social, Environmental, and Economic Conditions of the Lower Mekong River Basin and Policy Recommendations」2017 年

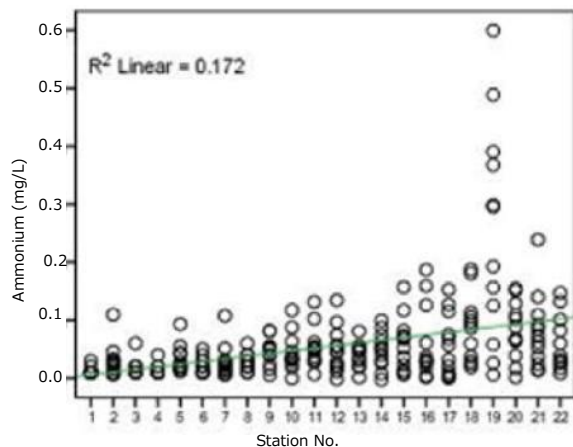
化学的酸素要求量 (COD)



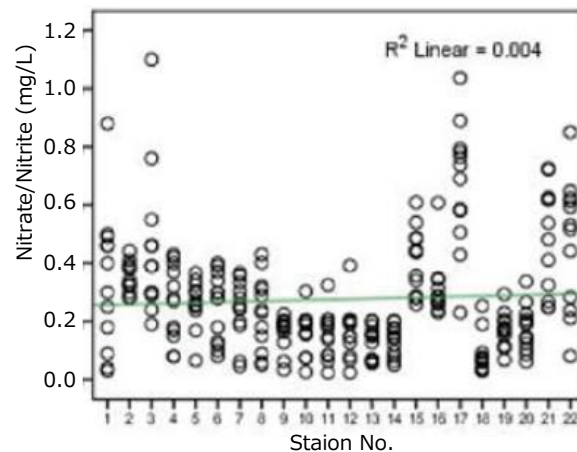
全リン濃度 (TOTP)



アンモニウム濃度 (NH₄)



硝酸・亜硝酸窒素 (NO₂/NO₃)



注意：1-17の観測所はメコン河沿い、18-22はメコンデルタのバッサック川沿いに配置されている。

出典:MRC Council Study⁷

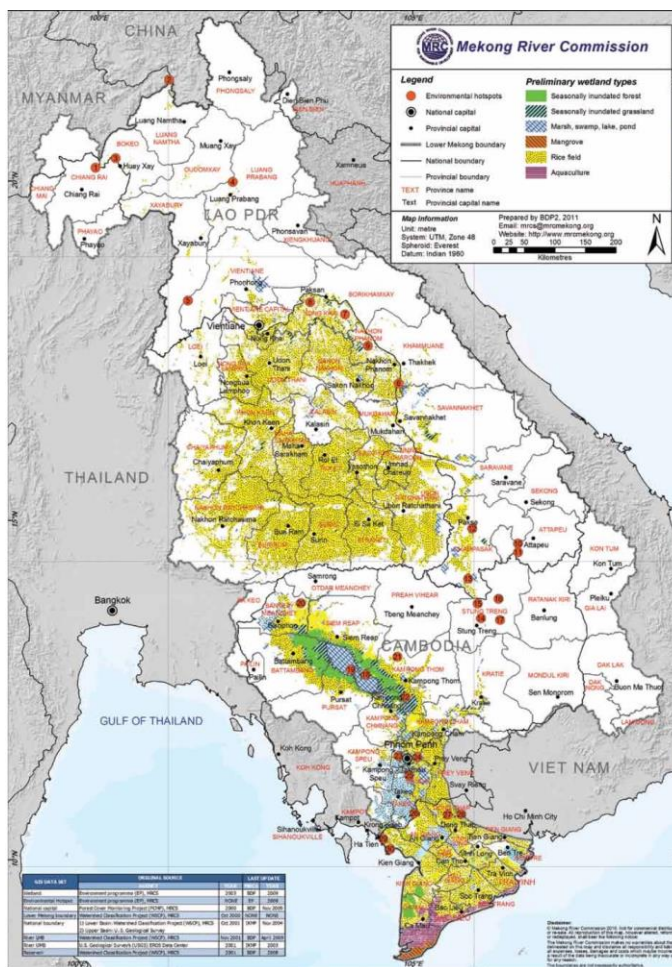
図 2.21 メコン河および支川バッサック川の水質項目の空間分布 (2004年)

2.5.6.2 湿地

MRC は LMB の湿地を(i) 季節的に浸水する森林、(ii)季節的に浸水する草原、(iii)湿地、沼地、湖、池、(iv)マングローブ、(v)水田、(vi)養殖漁場、の6つの土地利用カテゴリーに分類している。これらの湿地は持続可能な流域管理を進める上で不可欠であり、以下に示す多様な機能を有している。

- 河川水の浄化
- 植物相のための重要な生息地の提供
- 食料源 (魚、たんぱく質)、水、木材及び建築材料用繊維植物並びに伝統薬の提供
- 洪水被害の軽減
- 堆積物や栄養分の捕捉
- 堤防や海岸線の侵食防御

図 2.22 に LMB 内の湿地の位置を示す。図に示すように、水田はタイ北東部の大部分を占める湿地の最大部分を占めている。水田の次に大きいのは湿地、沼地、湖、池である。これらは LMB の南部、ラオスとカンボジアの南部、特にメコン河とトンレサップ川沿い散在している。



出典：アトラスメコン川下流流域開発計画 2011 年 MRC

図 2.22 湿地位置図

季節的に浸水する森林と草原は、主にトンレサップ湖とデルタ地帯を取り囲んでいる。マングローブ林は主にベトナムのメコンデルタ南西部の沿岸地域に限られている。一方、養殖漁場はデルタの南西および東の沿岸域にある。

2.5.7 水産資源

メコン河流域は世界の内水面魚の重要な生息地の一つである。稲作と共に漁業は LMB 内の食料安全保障と生計、特に農村社会にとって不可欠である。メコン河流域には少なくとも 189 種の魚類が生息し、その 80% (165 種) が季節的に回遊する。乾季の間、回遊魚は川の深部にとどまり、雨季の初めに繁殖と摂餌のために乾季の避難所から氾濫原に向かって移動する。この移動の最大距離はメコン河の本川で数百キロメートルに及ぶと言われている¹¹。

商業的に価値のある魚種として、「黒魚」、「白魚」、「灰魚」に大別される。黒魚はほぼ年間を通し

¹¹ MRC, Basin Development Plan Program, Planning Atlas of the Lower Mekong River Basin, Cambodia • Lao PDR • Thailand • Viet Nam, for sustainable development, 2011

て氾濫原に生息する傾向があり、回遊は行わない。一方の白魚は雨季には氾濫原に生息し、乾季には河道に生息する移動性の魚種である。灰魚は他の2匹の中間に位置する。黒魚は生息する魚全体の約13%を占め、メコン河流域の漁獲量の50%を占める。白魚は生息する魚全体の37%を占め、漁獲量は36%である¹²。

2.5.8 メコン河流域の環境への主な影響

2.5.8.1 メコン河流域の水資源開発、土地利用、気候変動に関するシナリオ

Council Study ではメコン河流域における水資源開発プロジェクトや土地利用、気候変動の様々なシナリオを想定し、水文状況や河川形態、生態、社会経済等への潜在的な変化を評価している。Council Study で想定されるシナリオの概要は、以下のとおりである。

表 2.15 想定される水資源開発、土地開発、気候変動のシナリオ

シナリオ	基本概念	開発プロジェクト	土地利用	気候変動
M1	初期開発シナリオ ベースラインシナリオ	2007年に完了した水資源 開発プロジェクトをベース ラインとする。	2007年の土 地利用	考慮しない
M2	明確な将来の水資源開 発シナリオ	継続的な水資源開発は 2020年に完了する。	2020年 将 来土地利用	同上
M3	計画開発シナリオ	上記のM2シナリオは2020 年に完了。2040年にはすべ ての水開発計画が完了。	同上	同上
M3CC	気候変動の影響を受け る計画開発シナリオ (M3)	シナリオM3と同じ	シナリオ M3と同じ	検討(中程度のRCP 4.5を適 用、気候変動を考慮GCMモ デルIPSLを採用)

注意：MRCでは、LMBへのより敏感な影響を明らかにするために、水資源開発プロジェクトと気候変動のそれぞれについていくつかのサブシナリオを仮定した。

出典:MRC

Council Study における各シナリオの留意すべき設定条件は以下の通りである。

- 水資源開発セクターとして次の6つのテーマが設定されている。
(i)土地利用、(ii)生活・工業用水、(iii)洪水防御、(iv)水力発電、(v)灌漑、(vi)舟運
- M1、M2およびM3シナリオにおける土地利用は、(a)MRCデータベースおよび調査対象地域の土地利用に関する国家データベースに蓄積されている土地利用データ、(b)調査対象地域の地形、および(c)MRC諸国の土地開発に関する政策/法律/規制から得られる土地利用変化の年率に基づいて推定された。
- シナリオM3CCで想定される気候変動は、大循環モデル(GCM)にIPSLを採用し、温室効果ガス排出量(図2.23を参照)は中程度のRCP 4.5を適用した。
- メコン河下流域の社会経済的や水文学的な影響を表2.15のシナリオで24年分(1985-2008年)の解析を行った。

¹² The Council Study, The Study on the Sustainable Management and Development of the Mekong River Basin, including Impacts of Mainstream Hydropower Projects, Biological Resource Assessment Technical Report Series, Volume 4: Assessment of Planned Development Scenarios, 2017

GCM と代表濃度経路シナリオ (RCP) の定義

大循環モデルは、大気、海洋、雪氷圏、地表面における物理的過程を表す数値モデルであり、温室効果ガス濃度の増加に対する地球規模の気候システムの反応をシミュレートするために現在利用可能な最も進んだツールである

代表濃度経路 (Representative Concentration Pathways, RCP) とは、IPCC が 2014 年の第五次評価報告書(AR5)で採択した温室効果ガス濃度の軌跡である。IPCC は RCP を五つのレベルに設定しており、RCP 4.5 は温室効果ガス濃度の中間レベルとみなされている。

図 2.23 GCM と RCP の定義

2.5.8.2 水資源開発がメコン河の環境に及ぼす影響

(1) 水力発電開発の影響

Council Study が完了した 2017 年時点では、メコン河流域に建設された水力発電ダムはすべてメコン河の支川に設置されており、本川を横断するダム存在しない。調査団が確認したところ、二つの水力発電ダム (Xayaburi ダムと Don Sahong ダム) は既に建設中であり、さらに 9 つのダムがメコン河の本川に計画されている (2.5.4 を参照)。

メコン河本川での水力発電ダムの進展により、メコン河流域への将来の影響は多岐にわたると想定されるが、現時点では以下に述べる理由から影響は少ないと判断する。

1) 経済への影響

Council Study では開発シナリオの下で水資源開発 4 セクターの正味現在価値 (Net Present Value, NPV) を推計している。推計結果は表 2.16 の通りである。

表 2.16 開発シナリオに基づく水資源開発セクターの正味現在価値 (NPV)

(単位:百万米ドル)

開発セクター	各開発シナリオの NPV			M1(2007)からの差分	
	M1 (2007 年)	M2 (2020 年)	M3 (2040 年)	M2 (2007-2020 年)	M3 (2007-2040 年)
水力発電	9.1	72.3	160.8	63.2	151.7
農業	358.2	449.8	461.7	91.6	103.5
漁業	72.9	56.3	50.2	-16.6	-22.7
舟運	7.3	12.2	76.2	4.9	68.9

出典:MRC Council Study

表 2.16 を元に各セクターの分析を行う。水力に関しては、シナリオ M1 においてはメコン河本川に水力発電ダムがないため、他のセクターに比べて NPV は非常に小さい (9.1 百万 US \$)。シナリオ M3 ではメコン河本川に 11 基の水力発電ダムが存在するため、水力発電セクターの中で最大となる (151.7 百万 US \$)。これにより 2040 年においては水力発電が最も経済成長に貢献する。

一方、水力発電とは対照的に、漁業開発はシナリオ M2 と M3 で NPV が減少する。これは水力発電開発が内陸漁業に与える負の影響と考えられる。また、水力発電ダムはメコン河の河川流況に悪影響を与える可能性が考えられる。なお、水力発電ダムによる負の影響は NPV に考慮されていない。

農業については、もともとメコン河流域諸国が農業立国であることから、NPV は高い。将来は水農業の割合が減り、灌漑農業の割合が増えるシナリオであるため、NPV が上昇したものと考えられる。

舟運については、M1 の NPV に比べ M3 では 10 倍になっている。これは水力発電ダムの建設による影響と考えられる。流れ込み式のダムの場合、通常閘門が設置される。例えばラオス国チャンパスク県 (コーンの瀑布) では船の航行が不可能であるが、閘門設置により船の往来が可能となる。このように水力発電により舟運の経済効果が上昇したものと推察される。

表 2.17 メコン河本川の水力発電ダムの最大貯水面積

プロジェクト名	ダムサイト	状況	最大貯水面積 (km ²)
Don Sahong Dam	ラオス	建設中	2.2
Xayaburi Dam	ラオス	建設中	49.0
進行中のダムの総貯水面積			51.2
Ban Koum Dam	ラオス	計画済み	132.5
Lat Sua Dam	ラオス	計画済み	13.0
Luang Prabang Dam	ラオス	計画済み	72.4
Pak Beng Dam	ラオス	計画済み	87.0
Paklay Dam	ラオス	計画済み	108.0
Sambor Dam	カンボジア	計画済み	620.0
Sanakham Dam	ラオス	計画済み	81.0
Pak Chom Dam	ラオス	計画済み	80.3
Stung Treng Dam	カンボジア	計画済み	211.0
計画ダムの総貯水面積			1,405.2

出典: 大メコン観測所¹³

2) 住民移転への影響

現在建設中の Xayaburi ダムと Don Sahong ダムの建設により 2,163 人 (Xayaburi ダムで 2,100 人、Don Sahong ダムで 63 人) と推定される¹⁴。また、農業・森林資源の損失や生活手段の多様化により、Xayaburi ダムによる影響は約 202,000 人に及ぶと推定されている。現在建設中の 2 つの水力発電ダムの最大貯水面積の合計 51.2 km² であるが、計画中の 9 つのダム総貯水面積は非常に大き

¹³ MRC 「The Council Study, The Study on the Sustainable Management and Development of the Mekong River Basin, includes Impacts of Mainstream Hydropower Projects, Thematic Report on the Positive and Negative Impact on the Social, Environment, and Economic Conditions of the Lower River Basin and Policy Recommendations」,2018

¹⁴ Ryan, Gerard Edward (February 2014). The Don Sahong dam and the Mekong dolphin . WWF. Retrieved 3, 2014.

く 1,405.2km²である。これは 2 つのダム総貯水面積の約 27 倍に相当する。11 ダムにより影響を受ける住民や関係者の数は不明であるが、進行中の水力発電ダムプロジェクトの移転数や計画中のダムの貯水面積を考慮すると、住民移転の影響を受ける人数は数万人から数十万人に達する可能性がある。

3) 水産資源等への影響

2.5.7 節で述べた通り、メコン河流域に生息する魚種の約 80%にあたる 165 種の魚類がメコン河本川で数百 km に渡り、季節的に回遊を行う。このため、メコン河本川を横断する構造物である水力発電ダムは、回遊魚の移動の大きな障害となる可能性が高い。

世界自然保護基金（World Wide Fund for Nature, WWF）は、建設中の Xayaburi ダムにより絶滅の危機に瀕しているメコン河の巨大ナマズが絶滅に追いやられるだろうと具体的に報告している¹⁵ また、WWF は Don Sahong ダムのプロジェクトが同じく絶滅の危機に瀕しているイラワジイルカの生存に大きな脅威をもたらすと報告している¹²。通常、水力発電ダムや堰には魚類の上下流の移動を促す魚道が設置される。しかし、メコン河の場合は、魚体や泳力の異なる多種多様な魚類が回遊するため、すべての回遊魚に適切な魚道の設計を行うことは事実上困難であり、MRC によれば、魚道を設置したとしても 50%の魚類しか魚道を通らない¹⁶と評価している。

4) 土砂動態への影響

MRC は、Council Study で実施したシミュレーションから、メコン河本川に設置する水力発電ダムは、上流から供給される大量の土砂を貯水池で捕捉し、下流への土砂移動を著しく低下させる可能性を示唆している。

表 2.18 に Council Study で設定した開発シナリオにおける流域からの土砂流出量を示す。これより流域開発や気候変動の影響により、メコン河流域全体の自然土砂流出量は増加すると推計されている。

表 2.18 流域平均土砂流出量

シナリオ/年	平均年間流出量 (百万トン/年)
M1 (気候変動なし 2007 年)	150.9
M2 (気候変動なし 2020 年)	159.2
M3 (気候変動なし 2040 年)	161.2
M3CC (気候変動あり、2040 年)	178.2

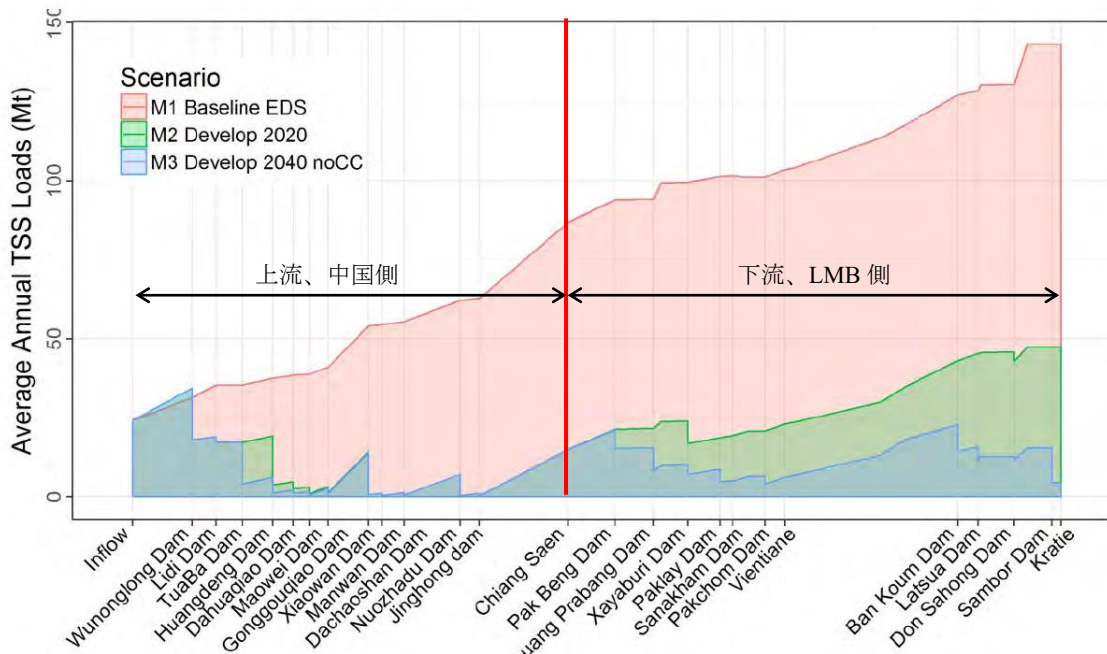
出典:MRC Council Study¹⁷

¹⁵ World Wildlife Fund. "Substandard dam assessment opens way to fisheries destruction on Mekong". Press Release. World Wildlife Fund. Retrieved 31, 2011.

¹⁶ Ryan, Gerard Edward (February 2014). The Don Sahong dam and the Mekong dolphin . WWF. Retrieved 3, 2014.

¹⁷ MRC, The Council Study, The Study on the Sustainable Management and Development of the Mekong River Basin, including Impacts of Mainstream Hydropower Projects, Thematic Report on the Positive and Negative Impacts of Hydropower Development on the Social, Environmental, and Economic Conditions of the Lower Mekong River Basin, 2018

図 2.24 に開発シナリオ別の総浮遊物質（Total Suspended Solids, TSS）を示す。区間は中国を含むメコン河流域上流からカンボジアの Kratie 地点までである。これより流域からの土砂生産量は増加しているものの、土砂はメコン河本川の水力発電ダムに捕捉されており、下流域に到達する土砂量が減少している。



出典:MRC Council Study¹⁴

図 2.24 シナリオ別メコン河 年平均 TSS 負荷量

年間平均の TSS 負荷はシナリオ M1（2007 年、ベースライン）で、主要な本川ダムの下流に位置する都市域への土砂供給は 1 億 4,300 万トンと推計されているが、2007 年から 2040 年にかけて開発された水力発電ダムによる土砂の捕捉により、シナリオ M3（2040 年）では 400 万トンしか到達しない¹⁸。なお、上流の中国における水力発電ダムの影響は大きい。水力発電ダム下流域への土砂供給の顕著な減少は、河岸植生の損失や岩盤の露出、そして深刻な河岸侵食を引き起こすものと考えられる。これらのメコン河の河床形態の変化は、河川および氾濫原に生息する水生生物に深刻な影響を与え、漁獲高の低下の恐れがある。

Council Study では、各ダムによる貯水池の土砂排砂により、ある程度の土砂供給が行われる可能性を示唆しつつも、定期的な排砂が行われず、堆積物内部の落ち葉等の有機物が嫌気性環境で変質し、ヘドロ化した大量の汚泥が放出された場合、水棲生物に有害な影響を及ぼす恐れがあることも示唆している¹⁹。

海岸侵食については既に顕在化している。ベトナム南部カマウ州海岸では、急激な海岸侵食が

¹⁸ MRC, The eWater Source Modelling for the Council Study Draft Report. 2017

¹⁹ MRC, The Council Study, The Study on the Sustainable Management and Development of the Mekong River Basin, including Impacts of Mainstream Hydropower Projects, Thematic Report on the Positive and Negative Impacts of Hydropower Development on the Social, Environmental, and Economic Conditions of the Lower Mekong River Basin, 2018

発生していることがヒアリング調査および衛星画像から確認された。過去には、天然林が海岸線沿いに分布していたが、現在は侵食によって失われている。侵食はもともと起こっていたが、この10年で深刻化しており、ベトナムの森林管理局が管轄する東よりの海岸線で30~40m/年、西側で20~30m/年の早さで海岸線の後退が進んでいると報告された。Google Earth 上においても同程度の海岸線の後退が確認されている。

5) 河川流況への影響

Council Study によればメコン河本川に計画されている水力発電ダム11基は、以下の観点から、“流れ込み式の発電方式を採用する可能性が高い”、としている。流れ込み式発電の定義は図 2.25 の通りである。

- 現在建設中の水力発電ダム（Xayaburi ダムと Don Sahong ダム）の発電形式は流れ込み式であると報告されている^{20 21}。
- 計画されている残り9つの水力発電ダムのうち、ラオス・カスケードダム群に採用される5ダムは流れ込み式が採用される。残りの計画4ダムについても5ダムと同等の発電方式が採用されるとのことである。

仮に、メコン河本川の水力発電ダムが、上記のとおり流れ込み式の発電方式を採用すれば、河川流量ならびに土砂移動に与える影響は最小限に抑えられるものと考えられる。建設中の Xayaburi Dam の貯水容量は13億 m³で貯水面積が49km²であり、ダム式（貯留型）の発電方法であることが推察されるが、衛星画像から判断すると流れ込み式であり、公表されている情報と実際に乖離があることが想定される。このため、計画中の9つのダムについて、発電方式を含めたダム諸元について情報を収集するとともに、その影響を正しく評価する必要がある。

流れ込み式発電の定義

流れ込み式発電の主な特徴は水力発電ダムに貯水池が小さいか、あるいは全くないことである。小規模な貯水池が設けられている場合は「池」という。

貯水池を持たない水力発電ダムは自然河川の流況に応じて発電するため補助的なエネルギーとして運用される。一方、ダム方式（貯留型）の水力発電ダムは、河川水を貯留し、電力負荷需要の日または週の変動に応じて発電を行う。

流れ込み式の水力発電ダムの他に調整池式がある。調整池では河川水を貯留し、電力負荷需要の年間変動を満たすための運用を行う。

流れ込み式発電を採用する水力発電ダムは、自然河川の流況に与える影響は他の発電形式に比べて、はるかに少ない。

図 2.25 流れ込み式発電

²⁰National Consulting Company Vientiane, Lao PDR, Don Sahong Hydropower Project, Lao PDR. Resettlement Action Plan (RAP) Final,2013

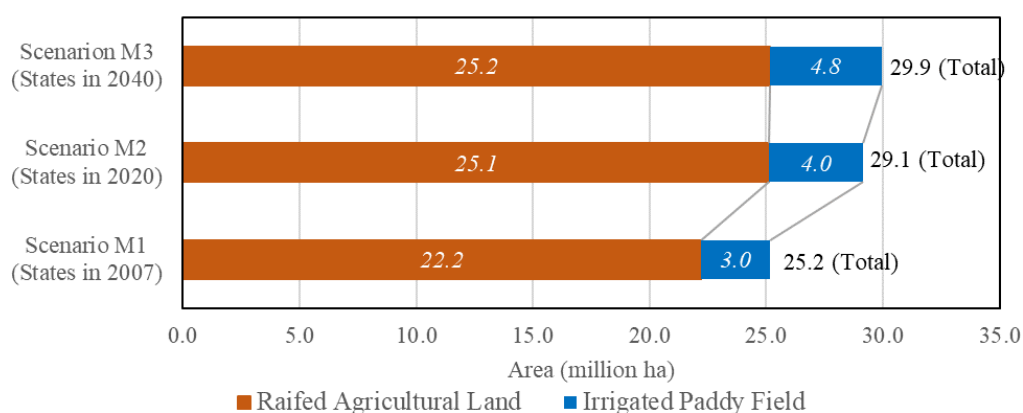
²¹ World Wildlife Fund. "Substandard dam assessment opens way to fisheries destruction on Mekong". Press Release. World Wildlife Fund. Retrieved 31, 2011.

(2) 農業開発の影響

Council Study では、農業開発はメコン河流域の経済に大きな影響を与えるものの、後述するように河川の形態や水文学、生態系にはほとんど影響を与えないものと評価している。

1) 社会経済への影響

2.5.8.1 節で述べた通り、Council Study ではメコン河流域における農業地域の将来的な拡大は、i) 土地利用の経年的な変化の傾向、ii) 進行中の土地/または確定された開発プロジェクト、iii) MRC 各国における土地開発または保全に関する政策/法律/規制、iv) 農業開発が行われる可能性がある地域、の4つの観点から各開発シナリオの農地面積を設定している。図 2.26 にシナリオ別の農業地域の推定値を示す。



出典:MRC Council Study²²

図 2.26 シナリオ別の農業地域の推定

MRCによれば、現在（ベースライン、2007年）の灌漑農地は、全農地面積の約20%を占め、多くは天水農業の面積である。将来は灌漑農地が確実に増加することを想定している。

一方の天水農業の範囲は2007年（2,220万ha）から2020年（2,510万ha）までは増加を見込んでいるが、2020年から2040年までの増加はほとんど見込んでいない。MRCは天水農業の面積が2020年で頭打ちになる理由として、以下を挙げている。

- 天水農業に適し、開発が容易で経済的な土地は、2020年よりも以前に開発される傾向があり、天水農業に適さない地域は開発されない。
- 第一次産業に従事する労働力が将来、二次および三次産業へシフトする可能性がある。これにより天水農業の拡大が頭打ちになる可能性がある。

²² MRC, The Council Study, Thematic Report on Impacts of Non-Irrigated Agriculture Development and General Trends in Major Land-Use Categories in the Lower Mekong River Basin Including Recommendations for Impact Avoidance and Mitigation Measures, 2018

Council Study では開発シナリオの下で水資源開発 4 セクターの正味現在価値 (NPV) を推計しており、結果は下表の通りである (表 2.16 の再掲)。

表 2.19 開発シナリオに基づく水資源開発セクターの正味現在価値 (NPV)

(単位:百万米ドル)

開発セクター	各開発シナリオの NPV			M1(2007)からの変化	
	M1 (2007 年)	M2 (2020 年)	M3 (2040 年)	M2 (2007-2020)	M3 (2007-2040)
水力発電	9.1	72.3	160.8	63.2	151.7
農業	358.2	449.8	461.7	91.6	103.5
漁業	72.9	56.3	50.2	-16.6	-22.7
舟運	7.3	12.2	76.2	4.9	68.9

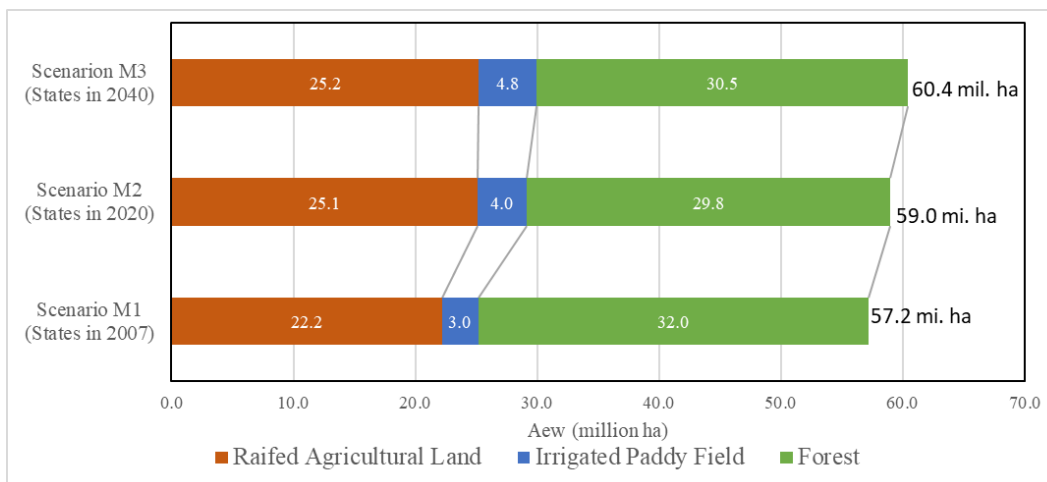
出典:MRC Council Study

表より、農業開発は 4 つの主要な開発セクターの中で最も高い NPV を示しており、農業開発はメコン河流域の経済成長の主力である。しかし、天水農業の頭打ちにより、NPV の大幅な増大は見込めないため、メコン河流域の農業は 2020 年以降に頭打ちとなる可能性がある。

現在、メコン河は主食としての米を約 3 億人分生産していると言われている。メコン河流域の GDP が増加するにつれ、メコン河流域で生産される米に依存することが想定されることから²³、メコン河流域国は、流域内の食糧の安全保障と経済的拡大を考慮し、労働力の確保を含めた農地拡大政策の検討を求められる可能性がある。

2) 自然環境への影響

Council Study では各開発シナリオにおける天水農業面積と灌漑農業面積、森林面積の変化を予測している。



出典:MRC Council Study²⁴

図 2.27 開発シナリオ別の農地面積と森林面積の予測

²³ MRC, Crop production for food security and rural poverty Baseline and pilot modelling, 2014

²⁴ MRC, The Council Study, Thematic Report on Impacts of Non-Irrigated Agriculture Development and General Trends in Major Land-Use Categories in the Lower Mekong River Basin Including Recommendations for Impact Avoidance and Mitigation Measures, 2018

図 2.27 に示すように M2 と M3 のシナリオでは、天水農業と灌漑農業の農地面積は増加が予測される一方で、森林面積は減少の傾向が予測されている。MRC は想定した土地利用のもとでシミュレーションを実施し、その結果、農地ならびに森林面積の変化による影響は許容範囲内であると評価しているものの、以下の点に注意する必要があると指摘している。

- 流域内の生態は、農薬と肥料の影響を大きく受ける。Council Study では、農薬による影響を生態学的な見地から検証を行っていない。
- Council Study のシミュレーションでは、水稻漁業や養殖業に関するデータ（どれだけの魚が生産されているか、農法が漁業にどのような影響を与えているかなど）については考慮していない。
- 乾季におけるメコン河本川の流量は、特に乾燥気候が強い場合、および/またはカンボジア国の灌漑面積が大きく拡大した場合、ベトナム国のメコンデルタにおける大規模な灌漑用水需要をほとんど満たさない恐れがある。
- 過度の森林伐採は、洪水と土壌の流域保持能力の低下により、ピーク洪水流出量の増加と深刻な侵食/堆積物流出を引き起こす可能性がある。メンバー国が森林面積の維持または増加に勤めているが、実施は遅れており、メコン河流域における森林減少/植林の進捗を監視する必要がある。

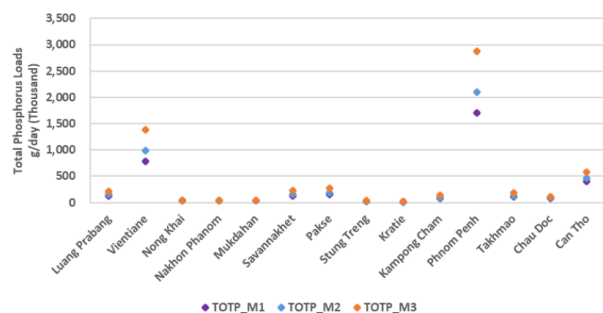
(3) 生活・産業排水の影響

2.5.6.1 (河川水質) に示すように、メコン河では、生活雑排水や工業排水、農薬の流出により、全リン (TOTP) が基準値 (0.13 mg/L) を超えている。メコン河沿いの都市開発や農業開発は、メコン河の水質汚染リスクを高める可能性がある。

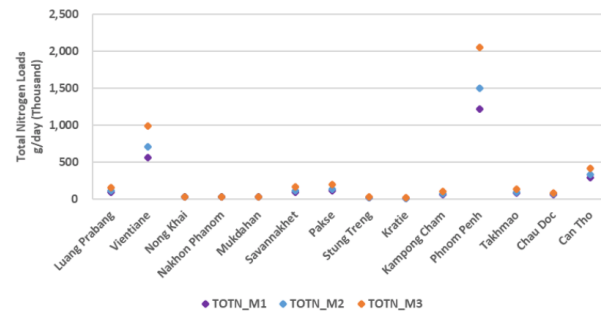
メコン河の将来の水質汚染リスクを確認するため、Council Study では、メコン河本川沿いの主要都市からの排水に含まれる全リン (TOTP) と全窒素 (TOTN、NO₃⁻-N、NO₂⁻-N および NH₄⁺-N) の 2 つの水質項目について将来の濃度をシミュレーション予測した。シミュレーションでは、まず開発シナリオ M1、M2 および M3 における 32 の主要都市 (本川沿いに 14、支川沿い 18) における水需要量を推定した。その後、排水に含まれる上述の 2 つの水質項目の排水量および負荷を推定した。

図 2.28 に各開発シナリオにおけるメコン河本川沿いの主要 14 都市の廃水に含まれる全リン (TOTP) と全窒素 (TOTN) の推定負荷を示す。図に示すとおり、カンボジア国のプノンペン都やラオス国のビエンチャン市のように人口の多い都市付近は、TOTP と TOTN の負荷が非常に高くなることがわかる。また、2020 年から 2040 年 (M2 から M3) までの TOTP と TOTN の負荷の増加は、2007 年から 2020 年 (M1 から M2) までの増加よりもかなり大きくなると推定されている。2007 年から 2020 年までの最大増加率は 25% で、2020 年から 2040 年までの増加率は 75% である。

全リン負荷 (Total Phosphorus, TOTP)



総窒素 (Total Nitrogen, TOTN)



出典:MRC Council Study²⁵

図 2.28 メコン川流域主要都市からの全リンと全窒素排出負荷

Council Study によれば、上記の原排水に含まれる TOTP と TOTN の濃度は、それぞれ約 10.4~18.7 mg/L、7.4~13.3 mg/L である。一方、「MRC 水質ガイドライン」では、生活・産業施設から公共用水域に排出するときの処理濃度の許容値を、TOTP で 2mg/L、TOTN で 5mg/L と定めている。MRC ガイドラインの基準濃度を超える地域については、処理施設および/または湿地の自然浄化を活用して、基準値内に抑える必要がある。Council Study では、処理施設や湿地の浄化機能は十分に期待できるものと評価し、都市排水はメコン河の水質に対して影響を及ぼさないと結論付けしている²²。

なお、上記のメコン河の水質に関する Council Study の評価は、下記に示す問題が残っていることから、メコン河の水質が持続的に良好で許容可能に確保されること保証するものではない。

- 基準値 (0.13 mg/L) を上回る TOTP が現時点においても検出されている。
- Council Study では農薬の影響を考慮したシミュレーションは行われていない。
- Council Study では、湿地による都市排水の自然浄化機能を前提に評価しているが、湿地の浄化機能に関する定量的な評価は見当たらず、必ずしも都市排水が湿地に流れ込んでいるわけではないため、浄化機能の効力について疑問が残る。

2.5.9 気候変動の影響

Council Study では気候変動シナリオとして M3CC を設定している。さらに気候変動の影響を詳細に検討するため、次に示すサブシナリオ、C2 と C3 を設定している。

²⁵ MRC 「The Council Study, The Study on the Sustainable Management and Development of the Mekong River Basin, includes Impacts of Mainstream Hydropower Projects, Thematic Report on the Positive and Negative Impacts on the Social, Environmental, and Economic Conditions of the Lower Mekong River Basin and Policy Recommendations」, 2017

- ▶ サブシナリオ C2 では、GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, 流体力学研究所) が開発した大循環モデル (Global Circulation Model, GCM) を採用し、温室効果ガス排出経路 (GCM および RCP の定義については図 2.23 を参照) に RCP4.5 を適用した。これは M3CC よりも湿潤気候に向けられている。
- ▶ サブシナリオ C3 では GCM として GISS (NASA's Goddard Institute for Space Studies, GISS) を採用し、温室効果ガス排出経路は RCP 4.5 を適用した。M3CC より乾燥気候に向けられる。
- ▶ Council Study によれば、メコン河の気候変動は、カンボジア国のトンレサップ湖とベトナム国のメコンデルタ周辺の氾濫原における農業、生態系及び洪水に特に顕著な影響を与えるものとしている。

2.5.9.1 農業への影響

メコン河流域の食料確保は、特に主食を米に依存するラオス国の一部地域とカンボジア国では人口が増加するにつれて、徐々に難しくなることが想定されている。このような食料安全保障のリスクは、特にサブシナリオ C3 (乾燥気候) において顕著であり、降水量の減少や土壌蒸発量の増加といった影響により、農産物の大幅な原産が想定される。

また、サブシナリオ C3 では、トンレサップ川流域の土壌水分の大幅な減少により、天水農業による生産が大幅に減少するものと想定される。さらに、サブシナリオ C3 ではシナリオ M3CC に対し、トンレサップ流域に灌漑農業に必要な水量は 20%増加すると想定される。

さらに、気候変動に伴う海面水位の上昇は、メコンデルタへの塩水の侵入を助長し、農業や漁業、養殖業に悪影響を及ぼす。また、高潮の発生により、ベトナム国のメコンデルタ全域で数百万人が避難を余儀なくされる可能性もある。

2.5.9.2 生態系への影響

サブシナリオ C3 では、トンレサップ湖への流入量と直接的な降雨量が減少するものと想定されている。これにより水位変動が小さくなり、湖沼の水生生物の生息地に脅威となる。加えて、サブシナリオ C3 では、雨期の湖面積の拡大範囲と期間が減少することが想定され、メコン河の、特に下流域のトンレサップ湖やカンボジア国の氾濫原、ベトナム国のデルタにおける水生生物の生息に影響を与える。一方、サブシナリオ C2 (湿潤気候) では、大規模な洪水が頻発することが想定され、水生生物の生息が困難になる。

2.5.9.3 洪水影響

気候変動については、特にサブシナリオ C2 において、特にカンボジア国の氾濫原とベトナム国のメコンデルタにおける洪水発生頻度の増加、洪水ピーク流量の増大と浸水期間の長期化が想定され、深刻な洪水被害が発生する恐れがある。

2.6 森林被覆図の作成

2.6.1 各国の森林被覆図整備状況

本調査では、メコン河下流域の5か国におけるこれまでの森林被覆図整備状況について確認を行った。各国での森林被覆図は、自国によるものだけでなく、JICAを含むいくつかの援助により整備されていた。整備方法としては、リモートセンシング技術により森林被覆図を作成しており、いくつかの国が正確性評価を実施していた。これらの森林被覆図の一部は、国のGHGインベントリにおける炭素排出量の計算にも利用されている。表2.20に各国における森林被覆図整備状況を示す。

表 2.20 森林被覆図作成状況

	カンボジア国	ミャンマー国	ラオス国	タイ国	ベトナム国	ADPC
地図の年時	1989年 2006年 1993年 2010年 1997年 2014年 2002年 2016年	1990年 2000年 2005年 2010年 2015年	2000年 2005年 2010年 2015年	1961年 1973年 1976年 1978年 1982年 1985年 1988年 1989年 1991年 1993年 1995年 1998年 2000年 2004年 2005年 2006年 2008年 2012年 2013年 2014年 2015年 2016年 2017年	1995年 2000年 2005年 2010年 2016年	1987年～2018年 *タイムシリーズマップ
衛星画像	Landsat TM, ETM+ and OLI	2005年:Landsat TM and ETM+ 2010年: IRS Liss 2015年:Landsat OLI	2005年: SPOT4/5 2010年, 2015年: RapidEye	Landsat, THEOS	2005年:Landsat 2010年, 2015年: SPOT5 参照: VNREDSat-1	Landsat TM, ETM+ and OLI
作成方法	2002年までは目視判読による作成 2002年より以降は、オブジェクト指向の画像処理によるセグメンテーションと目視判読による作成	不明	2010年はオブジェクト指向の画像処理によるセグメンテーションと目視判読による作成 2000年、2005年、2015年は、2010年からの変化分を抽出し修正して作成	2013年までは目視判読により作成 2013年より以降は、オブジェクト指向の画像処理によるセグメンテーションと目視判読による作成	2010年はオブジェクト指向の画像処理によるセグメンテーションと目視判読による作成 1995年、2000年、2005年、2016年は、2010年からの変化分を抽出し修正して作成	画像処理によるピクセルベース分類により作成 (アルゴリズムは、ランダムフォレストで Google Earth Engine を活用)
最小単位	25ha until 2010. After that 5ha	不明	なし	なし	なし	1ピクセル
地理座標系	1/100,000 スケール地形図と同じ	不明	不明	1/50,000 スケール地形図と同じ (UTM, WGS84)	UTM, VN2000	緯度経度 (WGS84)
森林定義	面積単位: >0.5ha 樹冠率: >10% 高さ: >5m	面積単位: >0.5ha 樹冠率: >10% 高さ: >5m	面積単位: >0.5ha 樹冠率: >10% 直径: >10cm	面積単位: >0.5ha 樹冠率: >10% 高さ: >5m	面積単位: >0.5ha 樹冠率: >10% 高さ: >5m	なし
Land classification	22分類 (内、森林は11分類)	6分類もしくは7分類 (内、森林は3分類)	22分類 (内、森林は6分類)	森林、非森林のみ	17分類 (内、森林は12分類)	18分類 (内、森林は6分類)
分類精度	2006年、2010年、2014年の分類精度は、81.23%	不明	森林/非森林については、80% 森林域内については、70%	90%以上 理由: 目視判読を行っており、現地調査をもとに修正をおこなっているため。	不確実性 森林/非森林: 5% 森林域内: 20% 常緑広葉樹林内: 26% (2010年)	74%
排出係数	策定済み	未策定	未策定	未策定	策定済み	なし

	カンボジア国	ミャンマー国	ラオス国	タイ国	ベトナム国	ADPC
参考資料	JICA directions Initial FRL for Cambodia under the UNFCCC Framework(2016) Hearing from Ministry of Environment	Myanmar REDD+ Roadmap(2013) Myanmar development of NFMS(2016)	FCPF ER-PIN for Lao PDR-Revision(2016) Hearing from Ministry of Agriculture and Forestry	JICA directions FCPF R-PP Thailand(2013) Hearing from Ministry of Natural Resource and Environment	JICA directions Vietnam's modified submission on REL for REDD+ result-based payments under UNFCCC(2016) Hearing from Ministry of Agriculture and Rural Development	Detailed method https://rlcms-servir.adpc.net/en/method/LandCoverPortal https://rlcms-servir.adpc.net/en/landcover/

備考: 本情報は、現地訪問調査にて関係省庁から得た情報も加味している。

2.6.2 既存図の適用や新規図作成に関する検討

上述のように調査対象5か国全てで既存の森林被覆図がある。しかしながら、既存の森林被覆図について一部を各国から集めることができたが、全てを収集することはできなかった。一方、森林被覆の変化について、特に2000年～2015年にかけての森林被覆の変化を把握することが急務であった為、調査団は森林被覆変化の把握が可能な他のデータについて急遽検討を行った。

調査した結果、調査団はアジア災害センターが提供するタイムシリーズ土地被覆データを活用することとした。このデータは、メコン河下流域を構成する5か国（ミャンマー国、タイ国、ラオス国、カンボジア国、ベトナム国）をカバーしており、SERVIR-MEKONG というプロジェクトの下で作成されている。

SERVIR-MEKONG では、気候変動や災害などに関するメコン河下流域の地域及び国レベルでの様々な政策や計画、管理及び報告等のニーズへの対応を目的として LANDSAT 衛星データから土地被覆データを作成している。なお、作成にあたっては、空間情報グループ（Space Informatics Group: SIG）、ストックホルム環境研究所（Stockholm Environment Institute: SEI）、Deltares も協力しており、アメリカ国際開発庁（United States International Development Agency (USAID) and the National Aeronautics: USAID）やアメリカ航空宇宙局（National Aeronautics and Space Administration: NASA）もサポートしている。この土地被覆データは、16年間（2000年～2015年）のメコン河流域の土地被覆状況の把握が可能だが、本調査では1980年代からの森林被覆変化についても把握したいことから、新たに1987年～1999年間及び2016年～2018年間の土地被覆データを作成した。本調査で活用したタイムシリーズ土地被覆データの仕様は、表2.20の“ADPC”欄に示す通りである。また図2.29に2018年版土地被覆データを示す。

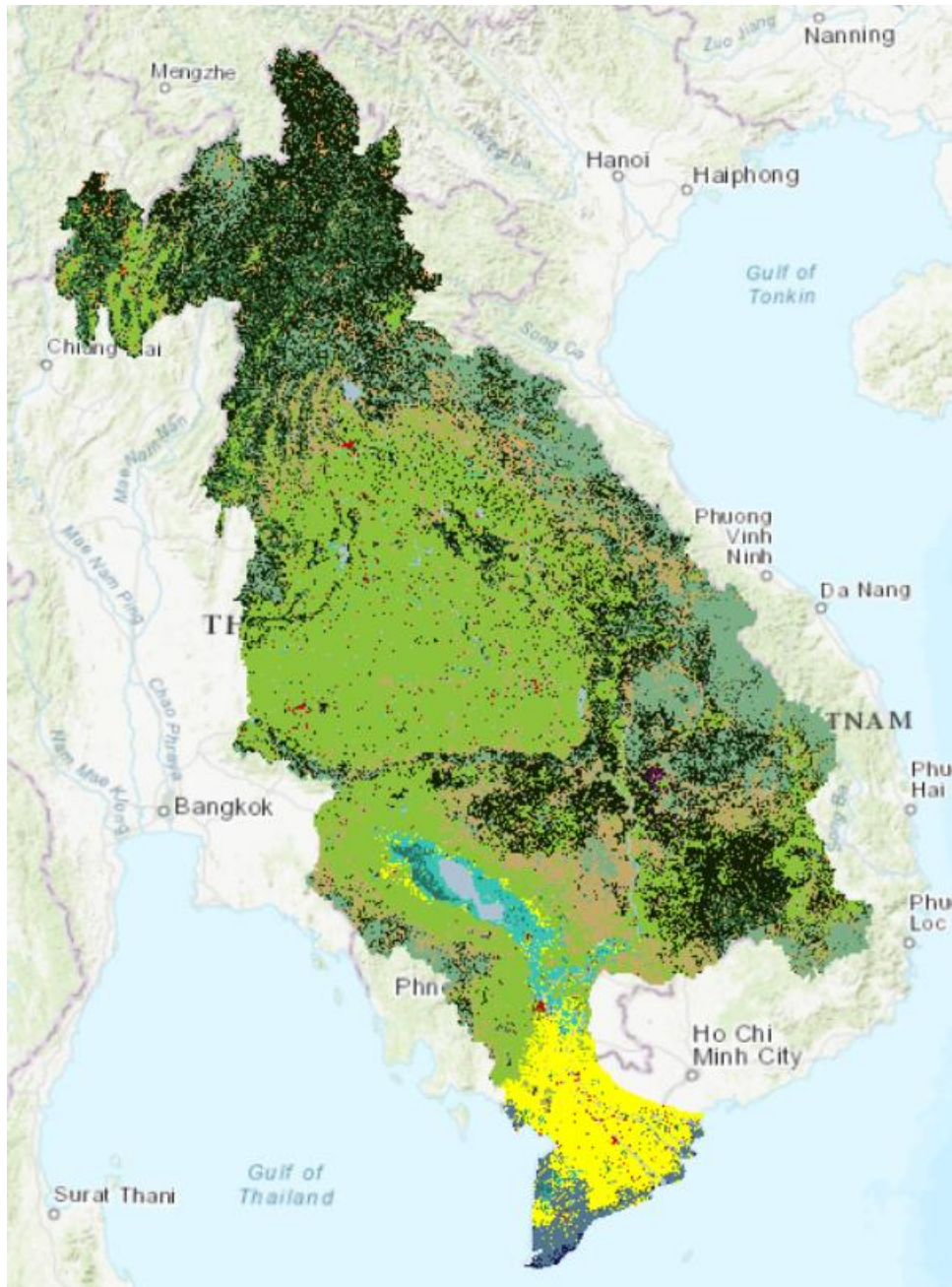


図 2.29 2018 年版土地被覆データ（タイムシリーズ土地被覆データ）

ここで、活用するタイムシリーズ土地被覆データの精度について検証する。このデータの精度は、ADPCによると、74% Overall accuracy であった。本調査では、MRC から土地被覆データ 2010 年を収集しており、この MRC 作成の土地被覆データ 2010 年版との比較も行った。MRC の土地被覆データも LANDSAT 衛星画像から分類されており、タイムシリーズ土地被覆データと同じである。但し、作成手法は違っており、タイムシリーズ土地被覆データがピクセルベース分類に対し、MRC の土地被覆データはオブジェクトベース分類である。本調査では、この MRC のデータを正として、タイムシリーズ土地被覆データの精度検証を行った。なお、MRC の土地被覆データは、MRC による精度検

証によると、Overall Accuracy が 91%²⁶であった。

精度検証にあたっては、統計的に満足する必要なサンプル数²⁷を算出した。また検証する分類項目については、森林関連と農業関連の 2 つのグループにまとめて実施し、User Accuracy、Producer Accuracy、Overall Accuracy 及び不確実性²⁸について算出した。算出した結果は、表 2.21 に検証結果を示す。2 つにグループ分けした理由は 3.4 節で述べる。

表 2.21 検証結果

分類項目	森林被覆域	農業地
不確実性	2.98%	4.61%
User Accuracy	89.83%	79.67%
Producer Accuracy	85.48%	85.46%
Overall Accuracy	85.47%	
全体の不確実性	2.56%	

Overall Accuracy は 85.47%であり、森林被覆域の User Accuracy は 89.83%であった。森林被覆域の変化推移を把握するには、十分に活用できるレベルである。

²⁶ Land Cover Map of the Lower Mekong Basin, MRC Technical Paper No.59, March 2016

²⁷ Pontus Olofsson, et. al., Making better use of accuracy data in land change studies: Estimating accuracy and area and quantifying uncertainty using stratified estimation, Remote Sensing of Environment 129 (2013) 122-131

²⁸ Pontus Olofsson, et al., Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change, Remote Sensing of Environment 148 (2014) 42-57

