



貯水池からの正味の温室効果ガス放出量評価法手引きの紹介 および今後の展開

IEA水力実施協定国内報告会, 2014年2月25日



熱帯域のダム貯水池からの温室効果ガスの放出

1) 2000年2月 世界ダム委員会とハイドロケベックのワークショップ (ブラジル、カナダ、フィンランド、フランスおよび米国参加、モントリオール)において、世界各地の30ヶ所のダム貯水池でCO₂の排出が確認され、特にブラジルのダム貯水池からのCO₂放出が大きいとされた。

2) CH₄放出も確認され、特にフランス領ギアナのダム貯水池からのCH₄ 排出が大きいという報告がある。

Richard et al. (2000) Evolution of physico-chemical water quality and methane emissions in the tropical hydroelectric reservoir of Petit-Saut (French Guiana), Verh. Int. Ver. Limnol., 27, 1454– 1458.

3) 全般に、ダム貯水池からのCO₂放出は、自然の生態系に比べておおむね変わらないが、ブラジルのダム貯水池からのCO₂放出は、水田からのCO₂放出に匹敵する場合もあると試算された。

DAMS AND DEVELOPMENT A NEW FRAMEWORK THE REPORT OF THE WORLD COMMISSION ON DAMS FOR DECISION-MAKING (2000) Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA. 404 p.



調査の背景



熱帯域のダム貯水池からの温室効果ガスの放出

ブラジルの水力発電ダム貯水池からの年間CO₂放出量は、化石燃料を使用する火力発電所からの年間CO₂放出量より大きいという主張もあり

Fearnside, P. M. (1997) Greenhouse-gas emissions from Amazonian hydroelectric reservoirs: the example of Brazil's Tucuruí Dam as compared to fossil fuel alternatives. *Environmental Conservation* 24: 64-75.

水力発電は火力発電に比べて温室ガスの排出が少ないという一般的な理解に対して、この問題に関する科学的説明は充分ではないことから、正味の放出量を、個々のケースに応じて測定すべきという提言がなさ

れた。Rosa, L.P., Santos, M.A., (2000) Certainty and uncertainty in the science of greenhouse Gas emissions from power dams-a report on the state of the art for the World Commission on Dams. WCD, March 2000, Final Report.

IEA水力実施協定では小委員会12を設け、ブラジルが事務局となって、ダム貯水池からの温室効果ガスの放出量の実測調査、および放出量の評価法の手引きを作成することとなった。



IEA水力実施協定における小委員会12の活動



Annex XII の作業内容

➤評価法手引きの作成

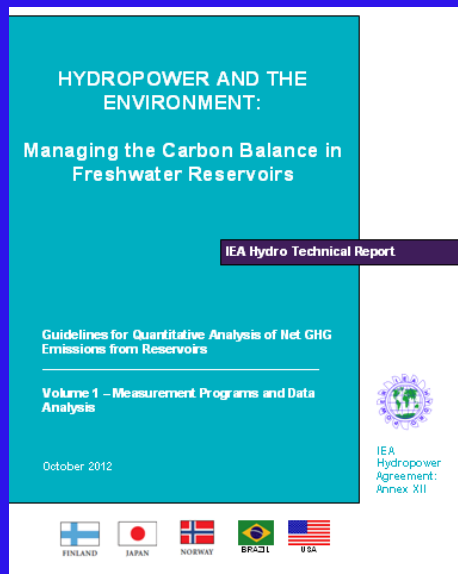
➤科学的データ収集

➤モデル化の方法の検討

➤モデリングの手引き 作成

➤温室効果ガスの管理法の手引き 作成

➤情報発信と啓蒙



参加国

ブラジル



ノルウエー



フィンランド



日本



米国



フランス

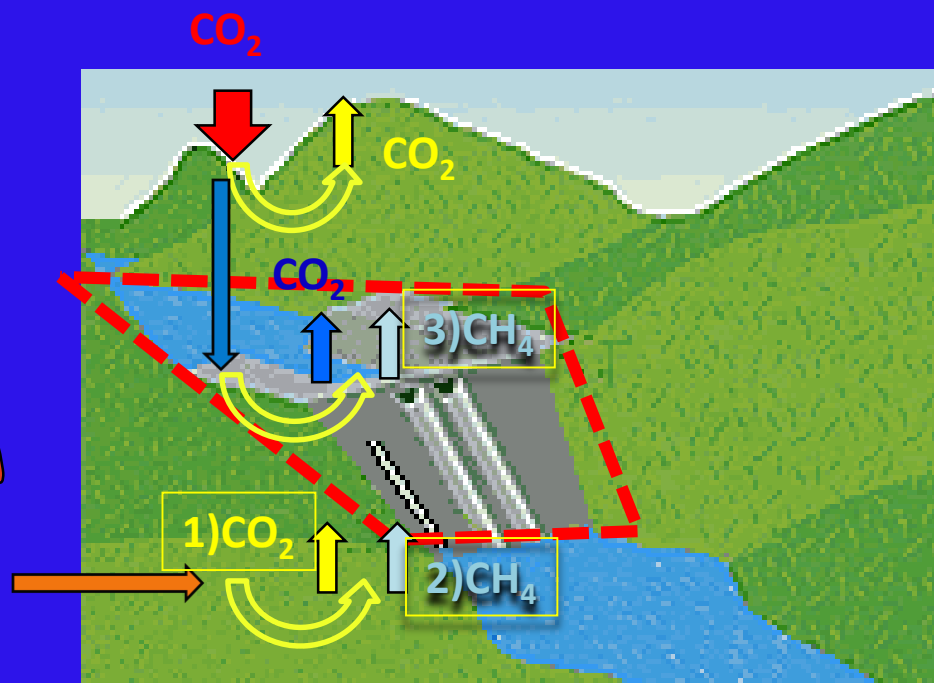




森林

土壤

灌水によりダム湖に沈んだ森林と土壌中の有機炭素



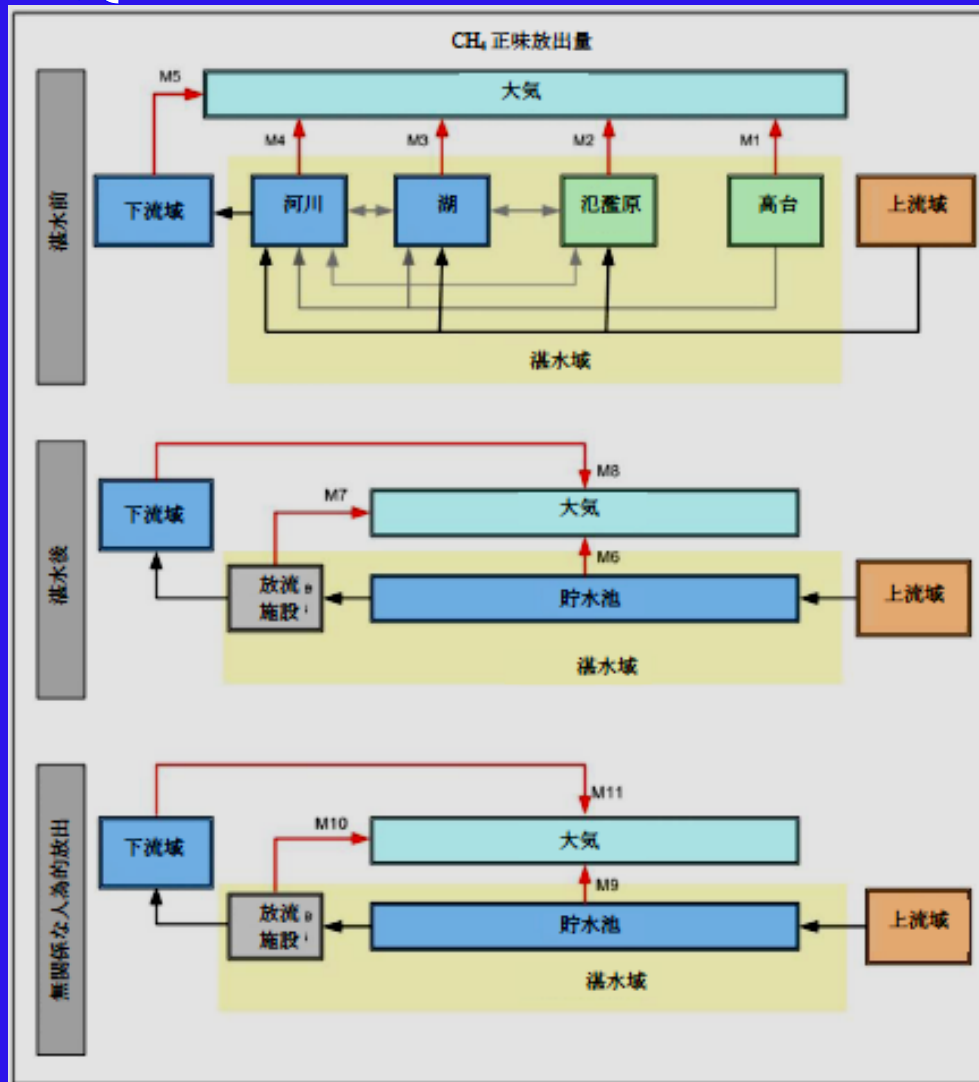
ダム建設後

正味の放出量

湛水で生じた有機炭素

集水域から流れ込む有機炭素

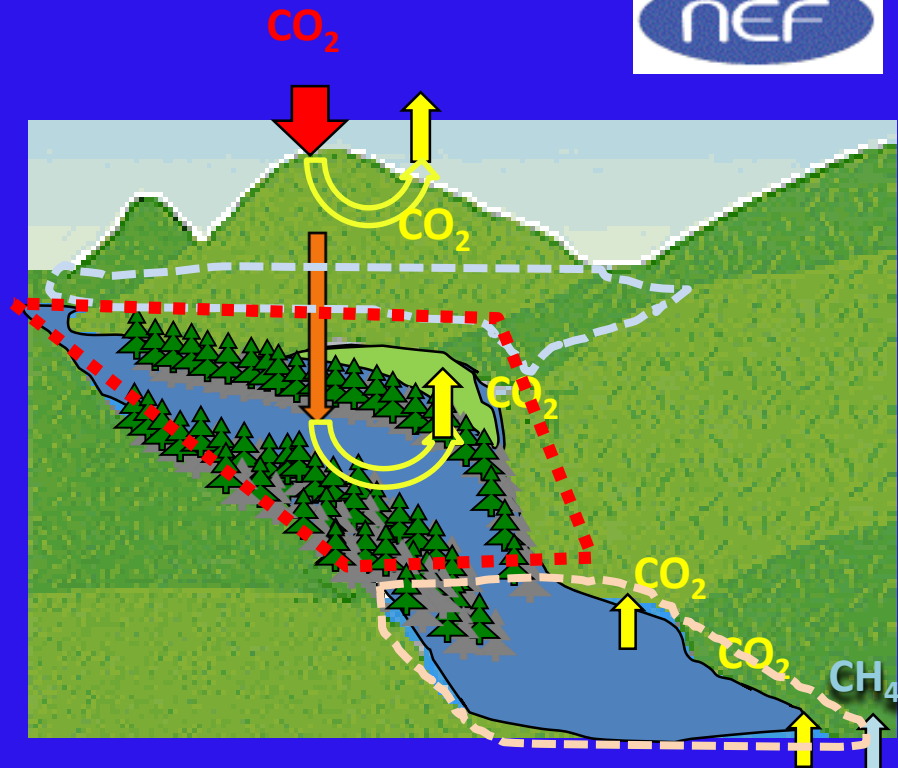
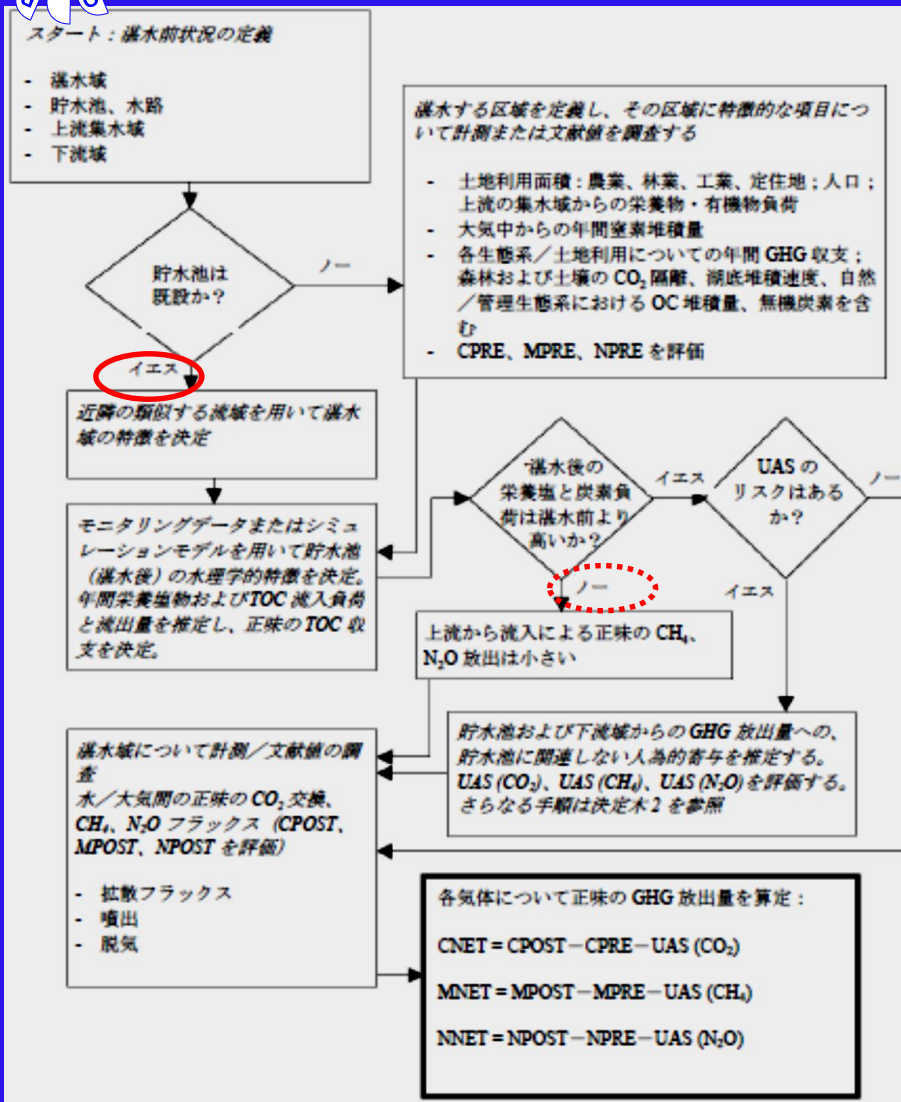
- 1) 分解によるCO₂放出 (吸収源の消失による放出)
- 2) 分解によるCH₄ 放出 (貧酸素環境の創出による放出)
- 3) ダム湖の貧酸素環境において生成するCH₄ の放出



評価対象域について各構成要素を定め、
湛水前と湛水後における温室効果ガスの吸収・放出を
測定あるいは文献値により求め、
正味の温室効果ガスの放出量を算出する。

温室効果ガス	地球温暖化係数 (GWP)
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310

図：正味のCH₄ (CO₂、N₂O) 放出量評価のためのルール



日本：ほとんどの場合が既設

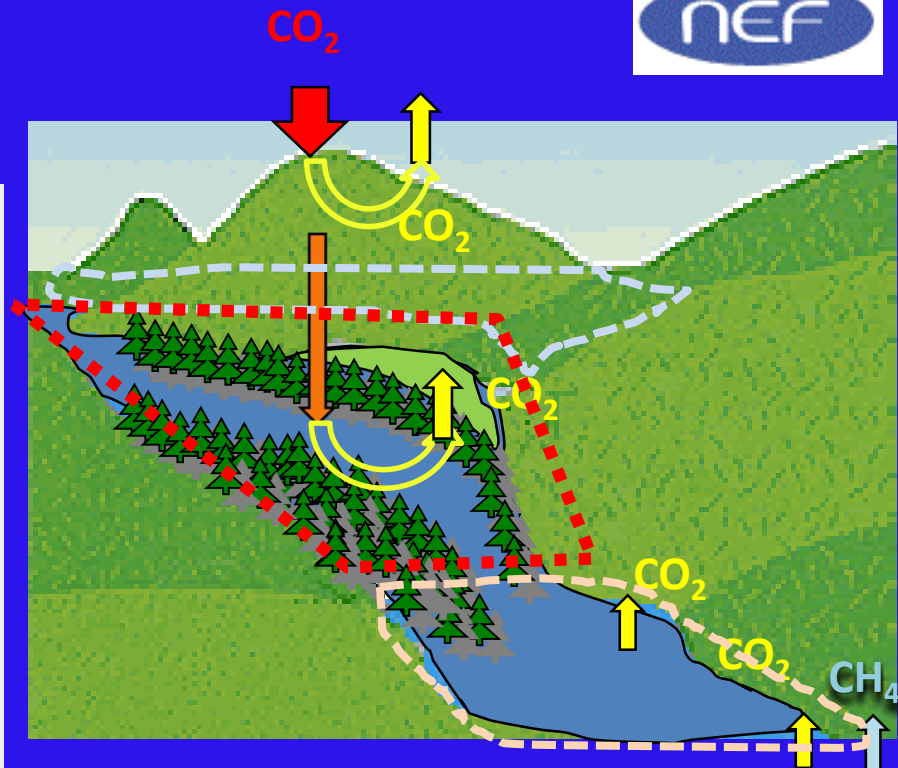
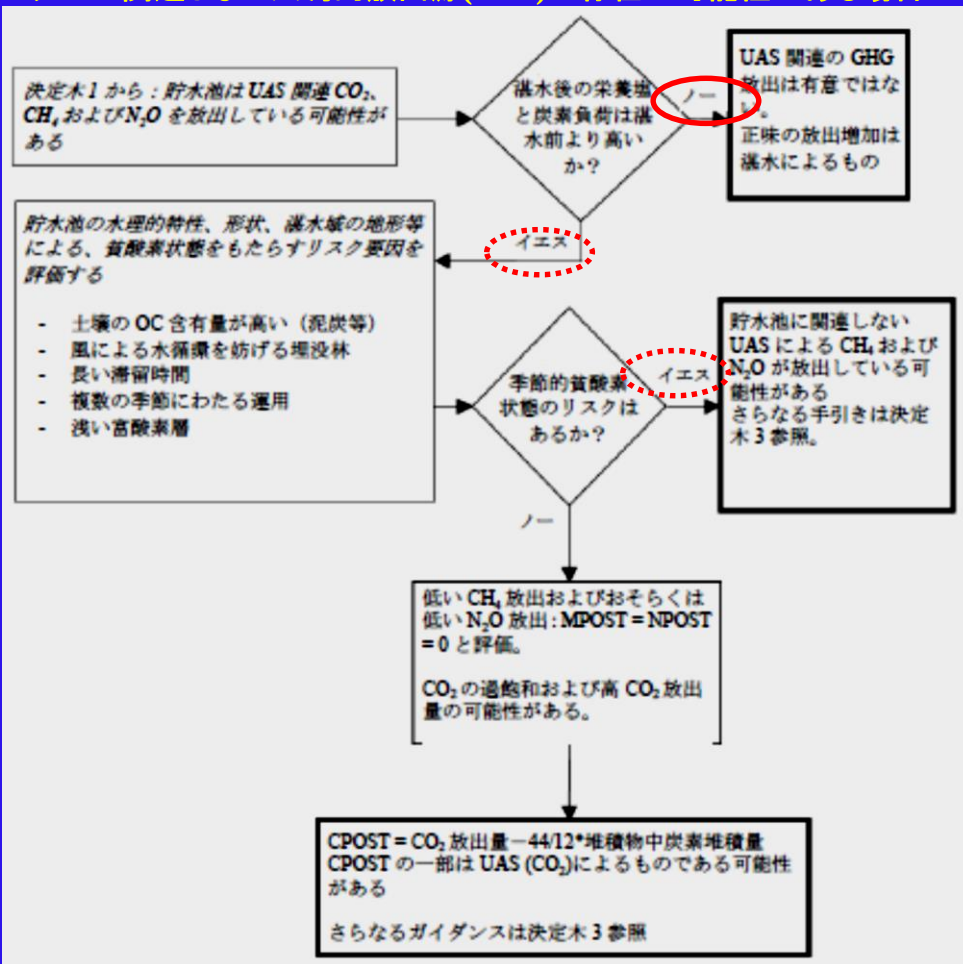
ダム貯水池では、栄養塩などのモニタリングが実施され、水理計算による収支の算定が可能であるが、

上流域は、おおむね天然林のため、ダムに関連しない人為的放出源(UAS)の存在の可能性は小さい。

測定あるいは文献値により、正味の温室効果ガスの放出量の算出は可能である。

図：評価における実際的评价の方法1

ダムに関連しない人為的放出源(UAS)の存在の可能性がある場合



東南アジア：ほとんどの場合が新設

設計に基づいて、ダム貯水池では、水理計算による栄養塩などの収支の算定が可能であるが、モニタリングデータは豊富ではない。

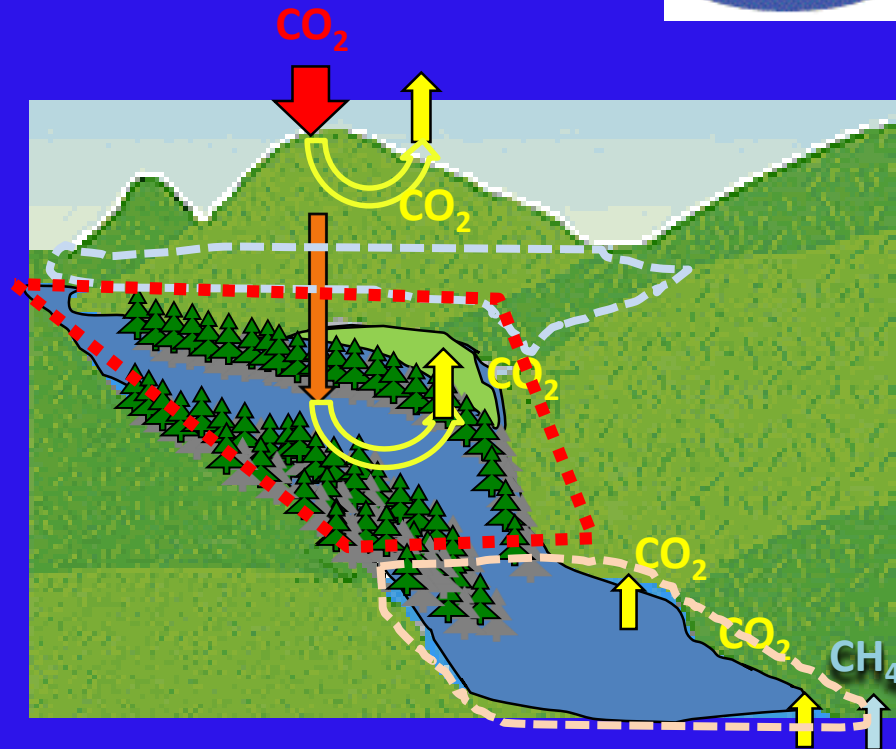
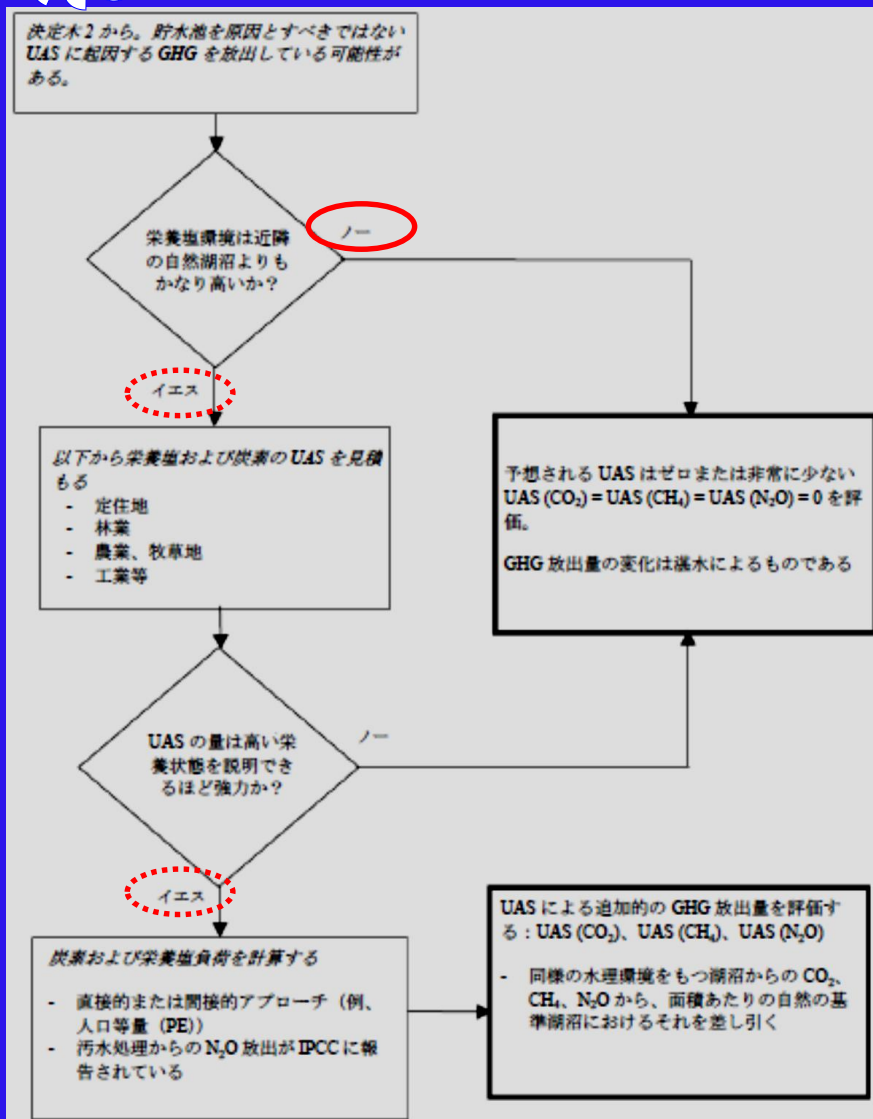
また、上流域や集水域は、農業牧畜利用の例があり、ダムに関連しない人為的放出源の存在の可能性は小さくない。

文献値は少ないが、測定により正味の温室効果ガスの放出量の算出は可能である。

図：評価における実際的评价の方法2

貯水池からの正味の温室効果ガス放出量評価法に関する手引きIEA 2012

ダム以外の人為的放出源(UAS)の可能性がある場合



東南アジア: 熱帯域のため有機物分解が進み、貧酸素環境が生じやすい

一般的に、周辺環境では、し尿処理が充分でない場合があり、人為的放出源に起因する温室効果ガス放出が大きい場合が多いかもしれない。

図: 評価における実際的评价の方法3



ブラジルにおけるダム貯水池の現地調査



既設ダム 8ヶ所

- **Tucuruí** in Amazon River Basin
- **Balbina** in Amazon River Basin;
- **Serra da Mesa** in Tocantins River Basin;
- **Xingó** in Sao Francisco River Basin ;
- **Três Marias** in Sao Francisco River Basin
- **Funil** in Paraiba do Sul River Basin;
- **Segredo** in Parana River Basin
- **Itaipu** in Parana River Basin

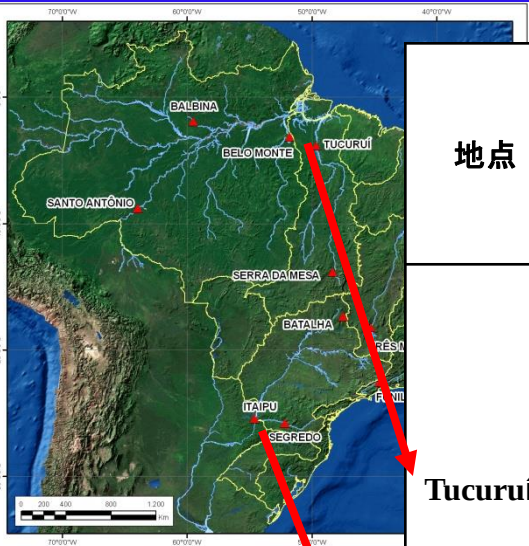
新設予定ダム 3ヶ所

- **Santo Antônio** in Amazon River Basin
- **Belo Monte** in Amazon River Basin;
- **Batalha** in Parana River Basin





ブラジルの既設ダム貯水池からの放出量結果



地点	温室効果ガス	湛水後 (ton/day)	前 (ton/day)	正味の放出 (ton/day)	温室効果ガス放出量 (tonCO ₂ eq/day)		発電量あたり放出量 (kgCO ₂ eq/Kwh) ^{注1)}
Tucuruí	CH ₄	44.21	29.22	14,99	374.75	5,539.92*	0.050*
	CO ₂	3,167.57	-2,039.32*	5,206,89*	5,206,89*		
			164.68**	3,002,89**	3,002,89**	3,335.92**	0.030**
			3,384.42**	-216,85***	-216,85***	116,18***	0.001***
	N ₂ O	1.35	1.50	-0.14	-41.72		
Itaipu	CH ₄	4.16	7.46	-3.30	-82.50	-9,085.37*	-0.049*
	CO ₂	300.78	9,208.29*	-8,907.51*	-8,907.51*		
	N ₂ O	0.72	1.04	-0.32	-95.36		

J. Damazio 2013 Managing the carbon balance in freshwater reservoirs

*湛水前の生態系が吸収源であった場合；

** 湛水前の生態系がどちらでもない場合；

*** 湛水前の生態系が放出源であった場合；

注1)ただし、湛水からおよそ30年後の年間計測結果に基づく推定値

化石燃料使用火力
0.5-1.0 kg
CO₂eq kwh⁻¹



IEA水力実施協定小委員会12の今後の活動予定



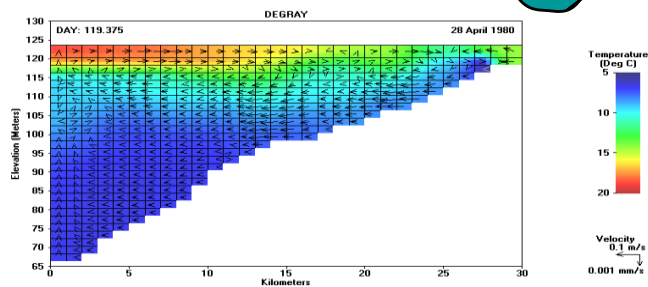
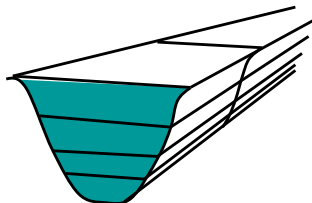
モデル化の検討

- 水中の貧酸素域の算出
- CO₂濃度の算出

水理モデル

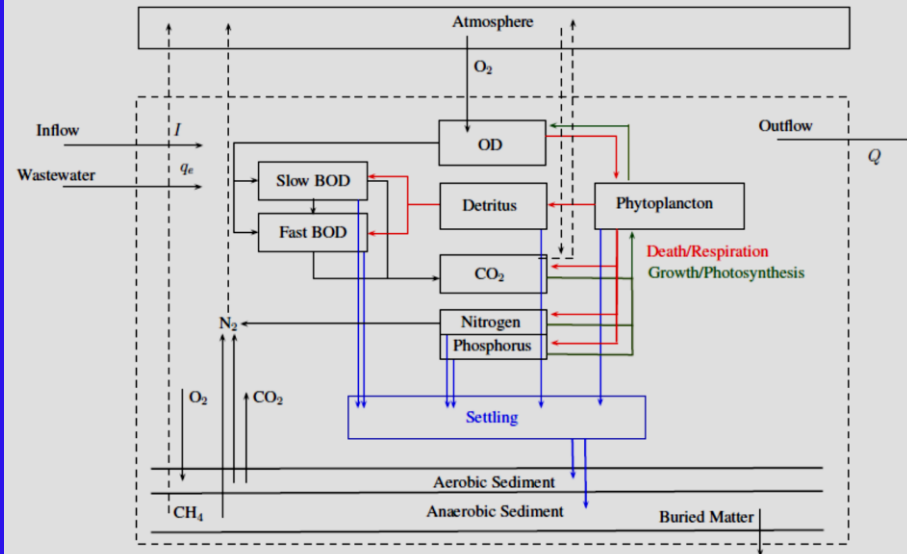
What is CE-QUAL-W2?

2-dimensional, laterally averaged, hydrodynamic and water quality model for reservoirs (and rivers)



Boualem Hadjerioua, Ph.D.
Oak Ridge National Laboratory (ORNL)
United States of America

物理化学モデル



Maurício Gobbi, UFPR



IEA水力実施協定小委員会12の2014年度の活動予定



モデル化の手引き 作成

1. Introduction

1.1 Overview

1.2 Guidelines Objectives

1.3 Scope of Work

1.4 Format of Guide

1.5 Using the Guide

2. Modeling Net GHG Emissions for Reservoirs

2.1 Introduction

2.2 Conceptual Model

2.3 General Procedures for Modeling Net GHG Emissions

2.3.1 Formulation and Solution

2.3.2 Calibration and Validation

2.3.3 Calculation of Predictions and Intervals

3. Estimating Pre-Impoundment Emissions

3.1 Introduction

3.2 Estimate using emission factors

4. Modeling Post-Impoundment Emissions

4.1 Introduction

4.2 Modeling

4.2.1 Hydrodynamic

4.2.2 Water Quality

4.2.3 GHG

4.3 Simulation

4.4 UAS Calculations

5. Advancing Knowledge on Models



参考：測定方法



ダム湖水中のCO₂とCH₄、(N₂O)の分析による放出量計算

1) フロート型ドームチャンバと現場型ガス分析装置

Lambert and Frechette(2010) Analytical techniques for measuring fluxes of CO₂ and CH₄ from Hydroelectric Reservoirs and natural water bodies. In “Greenhouse gas emissions- fluxes and processes” eds Trembly et al. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.

ダム湖底から放出されるCH₄の気泡捕捉と濃度分析による放出量計算

2) 気泡捕捉用のフロートとフロート型チャンバ

IHA (2010) GHG Measurement Guidelines for Freshwater Reservoirs, The International Hydropower Association (IHA), London, United Kingdom

ダムのタービン水中のCH₄とCO₂、(N₂O)分析による放出量計算

3) ダムのタービン水と放流水の採取と分析

Richard et al. (2010) Impact of methane oxidation in tropical reservoirs on greenhouse gases fluxes and water quality. In “Greenhouse gas emissions- fluxes and processes” eds Trembly et al. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.

ダム周辺生態系のCO₂放出速度の測定

現場型ガス分析装置



図 土壌中へのチャンバの設置 土壌中のチャンバによる温室効果ガスの採取

参考：測定方法

ダム湖水中の CO_2 と CH_4 、(N_2O)の分析による放出量計算

フロート型ドームチャンバ



図 浮遊拡散チャンバ(容量1,000mL)

ガス分析装置との連結

ダム湖底から放出される CH_4 の気泡捕捉と濃度分析による放出量計算

2) 気泡捕捉用フロート



図 気泡捕捉用フロート

フロートの設置例

ダムのタービン水中の CH_4 と CO_2 、(N_2O)分析による放出量計算

ダムのタービン水と放流水の採取と分析

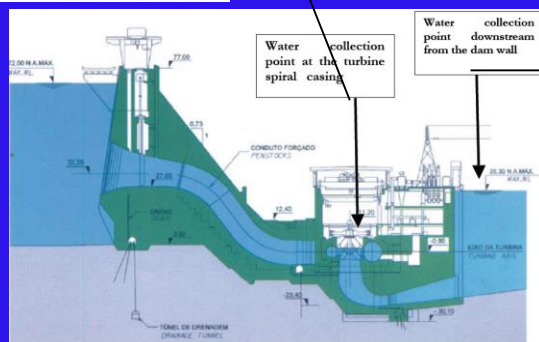


図 脱気水採取装置

下流域の水サンプルの採取



参考：測定方法の技術マニュアル



**IHA/UNESCO 2010
GHG Measurement Guidelines for Freshwater Reservoirs
World Bank 166p.**



UNESCO/IHA 2009 Measurement specification guidance for evaluating the GHG status of man-made freshwater reservoirs. UNESCO/IHA 57p.

<http://siteresources.worldbank.org/INTNTFPSI/Resources/GHGemissionsrelatedtofreshwaterreservoirs.pdf>

<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001831/183167e.pdf>

<http://www.hydropower.org/ghg/guidelines>