

貯水池からの温室効果ガス問題の経緯と IEAにおける調査及び今後の展開

電力中央研究所 環境科学研究所 上席研究員

立田 穰

新エネルギー財団セミナー, 2012年2月16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 hidro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放出が大きいという報告がある。
- 3) ブラジルのダム貯水池からのCO₂放出は、カナダやフィンランドのダム貯水池からのCO₂放出より大きい場合があった。
- 4) 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。

世界ダム委員会
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.

2000年11月 世界ダム委員会の提言

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解明は充分ではなく、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。

第23回CDM理事会（2006年2月）

貯水池設置型水力発電プロジェクトにおけるメタン排出の扱い

貯水池設置型水力発電プロジェクトにおける貯水池から発生するメタンの算定方法は、

水力発電プラントの電力密度（power density：貯水域の表面積あたり発電容量）に応じて下記とすることが合意された：

- ・ $4\text{W}/\text{m}^2$ 以下：水力発電プロジェクトを包含する既存の方法論の適用を不可とする（CDMとするためにはメタン排出を考慮した新たな方法論が必要）；
- ・ $4\sim 10\text{W}/\text{m}^2$ ：貯水域から放出されるメタンをプロジェクト排出として排出係数 $90\text{g}/\text{kWh}$ （ CO_2 換算）を用いて算入することで、既存方法論の適用を可とする；
- ・ $10\text{W}/\text{m}^2$ 以上：メタン放出は無視できるものとし、既存の方法論の適用を可とする。

現時点では貯水池からのメタン排出の測定方法が確立しておらず、科学的知見とデータが不足しているため、暫定的な対応として簡潔なルールを策定し、現実的な対応を行う必要があるとの見解が合意された。

ダム貯水池からのCO₂とCH₄の放出

- 1) ダム貯水池中の有機物の分解に伴うCO₂放出
- 2) ダム湖底中の貧酸素環境における有機物の分解に伴うCH₄放出

ダム貯水池から放出されるCO₂とCH₄の起源

- 1) 流域からダム湖に流れ込む有機物
- 2) ダム灌水に伴い、湖底に沈んだ有機物

ダム湖水中のCO₂とCH₄, (N₂O)の分析による放出量計算

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

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

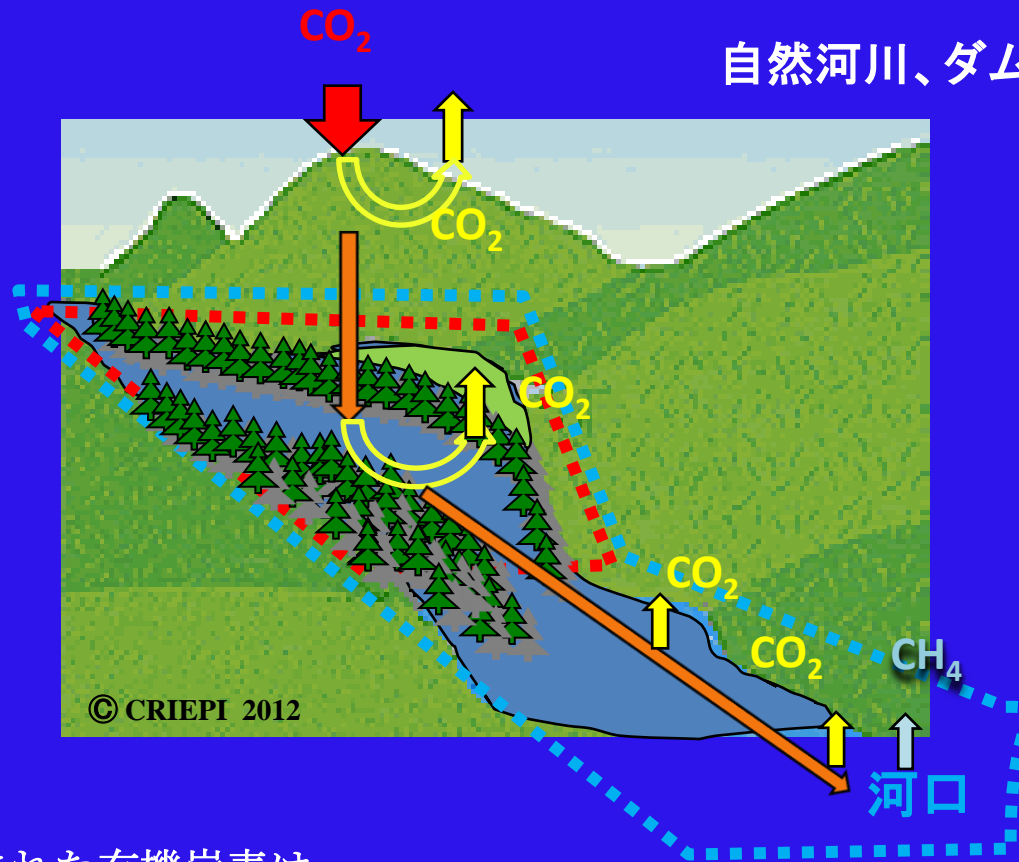
ダムのタービン水と放流水の採取と分析

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.

ダム建設前の自然河川からの温室効果ガスの放出

自然河川、ダム建設前

集水域の有機炭素

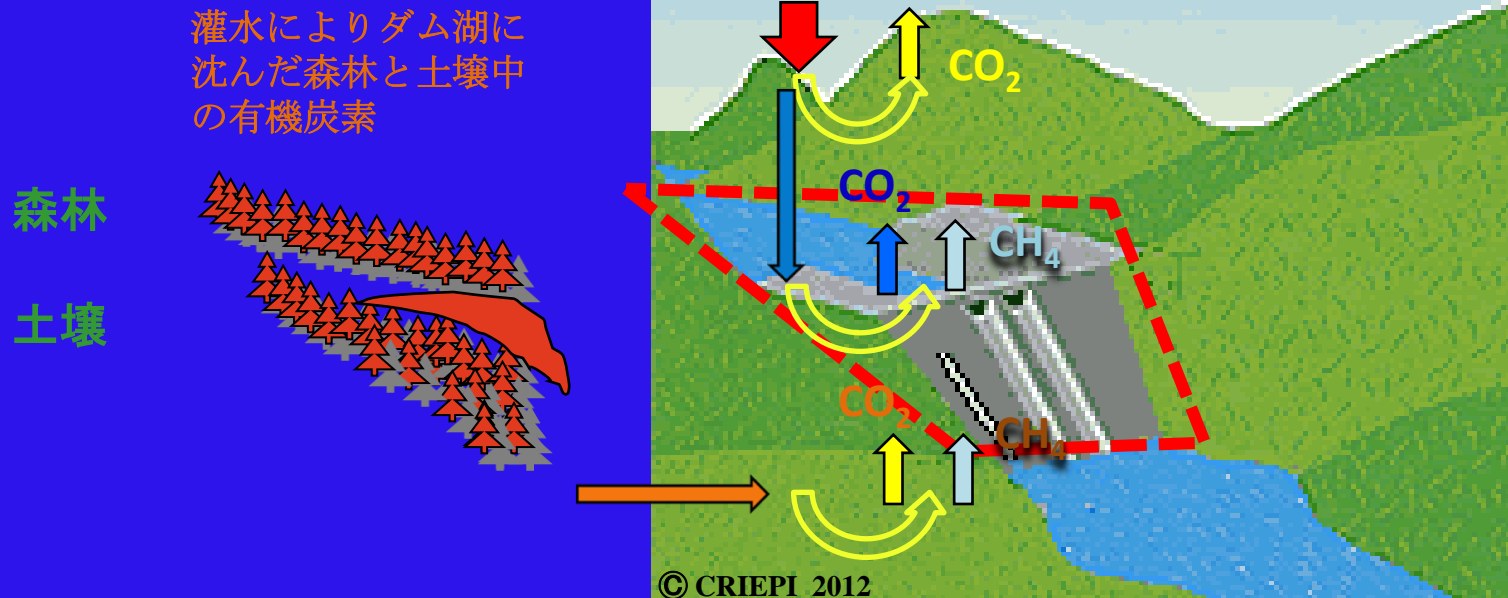


森林生態系から供給された有機炭素は
河川水で下流の河口に運搬される過程で
分解されて CO_2 と CH_4 に変換され、大気に放出される。

Cole JJ and Caraco NF. 2001. Carbon in catchments: connecting terrestrial carbon losses with aquatic metabolism. *Mar Fresh Res* **52**: 101–10.,

ダム建設による追加的な温室効果ガスの放出（正味の追加的放出）

ダム建設後



正味の放出量

灌水で生じた有機炭素

- 1) 分解によるCO₂放出
- 2) 分解によるCH₄放出

集水域から流れ込む有機炭素

- 3) ダム湖の貧酸素環境において生成するCH₄の放出

1) ダム灌水以後のダム湖からのCO₂放出量の経年変化の実測とモデル計算の結果では、初期に温室効果ガスの放出はあるが、漸次低下していく。

Therrien and Morrison(2010) Modeling the GHG emission from hydroelectric reservoirs. In “Greenhouse gas emissions- fluxes and processes” eds. Tremblay et al. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.

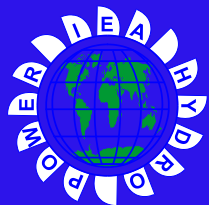
プロジェクトからの正味のGHG放出は何年間で計算すべきか？

2) ダム湖からのCO₂放出量の経年変化において、集水域の寄与のモデル計算の適応例がある。

Therrien and Morrison, 2010 同上

集水域から流入する炭素源は、プロジェクト由来ではないため、どのような考え方で差し引けばよいのか？

また、集水域から流入するダム以外の有機物起源（農業、酪農、し尿、など）からの温室効果ガスの放出とどう区別したらよいのか？



Annex XII (水力と環境) Task1(貯水池と温室効果ガス) の参加国

➤ ブラジル



➤ ノルウェー



➤ フィンランド

Finnish Forest Research Institute Metla

➤ 日本

新エネルギー財団

➤ 米国

Oak Ridge National Laboratory



Annex XII (水力と環境) Task1(貯水池と温室効果ガス) の活動

- 評価のためのガイドラインの作成
- 科学的データの収集
- 計算のためのモデルの構築
- 温室効果ガスの放出管理のためのガイドラインの作成
- 情報発信と啓蒙用ツール

ガイドラインの作成 Volume 1 – Measurement Programs and Data Analysis

1.0 Introduction

- 1.1 Overview
- 1.2 Project Objectives
- 1.3 Scope of Work
- 1.4 Format of Guide
- 1.5 Using the Guide

2.0 Quantitative Analysis of Net GHG Emissions for Reservoirs

- 2.1 Introduction
- 2.2 Conceptual Model
- 2.3 General Procedure for Quantification of Net GHG Emissions
- 2.4 Environmental and Technical Descriptors of Reservoirs

3.0 Quantitative Analysis of Pre-Impoundment Emissions

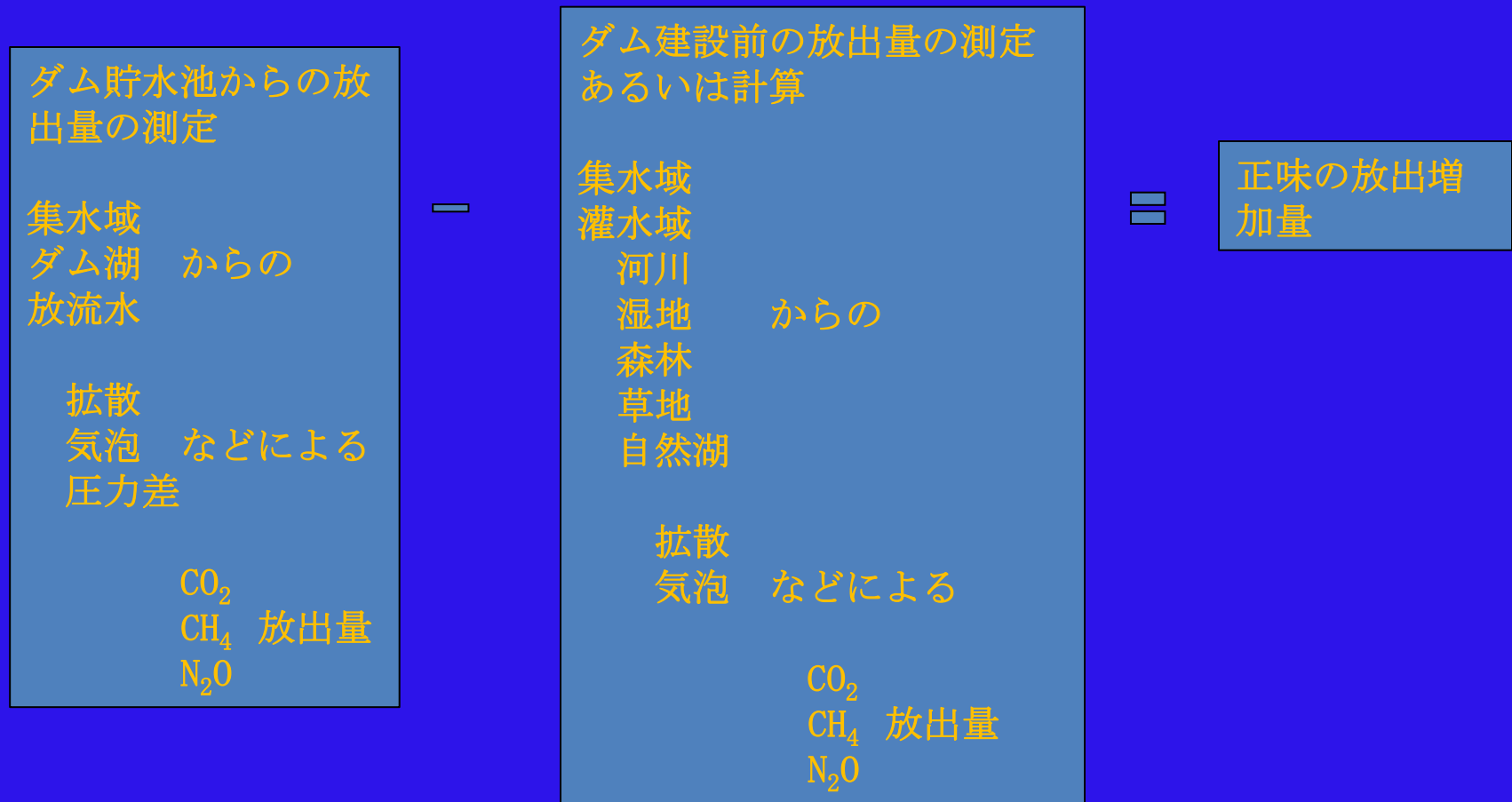
- 3.1 Introduction
- 3.2 Pre-Impoundment Emissions Quantification for Planned Reservoirs
- 3.3 Pre-Impoundment Emissions Quantification for Existent Reservoirs

4.0 Quantitative Analysis of Post-Impoundment Emissions

- 4.1 Introduction
- 4.2 Diffusive Fluxes
- 4.3 Ebullitive Emissions
- 4.4 Degassing
- 4.5 Permanent Carbon Burial Rates
- 4.6 GHG emissions from unrelated anthropogenic sources
- 4.7 Multi-Year Variability

ガイドラインにおけるダム由来の温室効果ガス放出量評価の考え方

正味の放出増加量の計算（フラックス法）



•8 existent hydroplants

- **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

•3 sites of future hydroplants

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

ブラジルによる科学的データの収集



IEA水力実施協定の活動

ノルウェーによる科学的データの収集



No. **1** WITHIN RENEWABLES IN EUROPE

90% RENEWABLE ENERGY

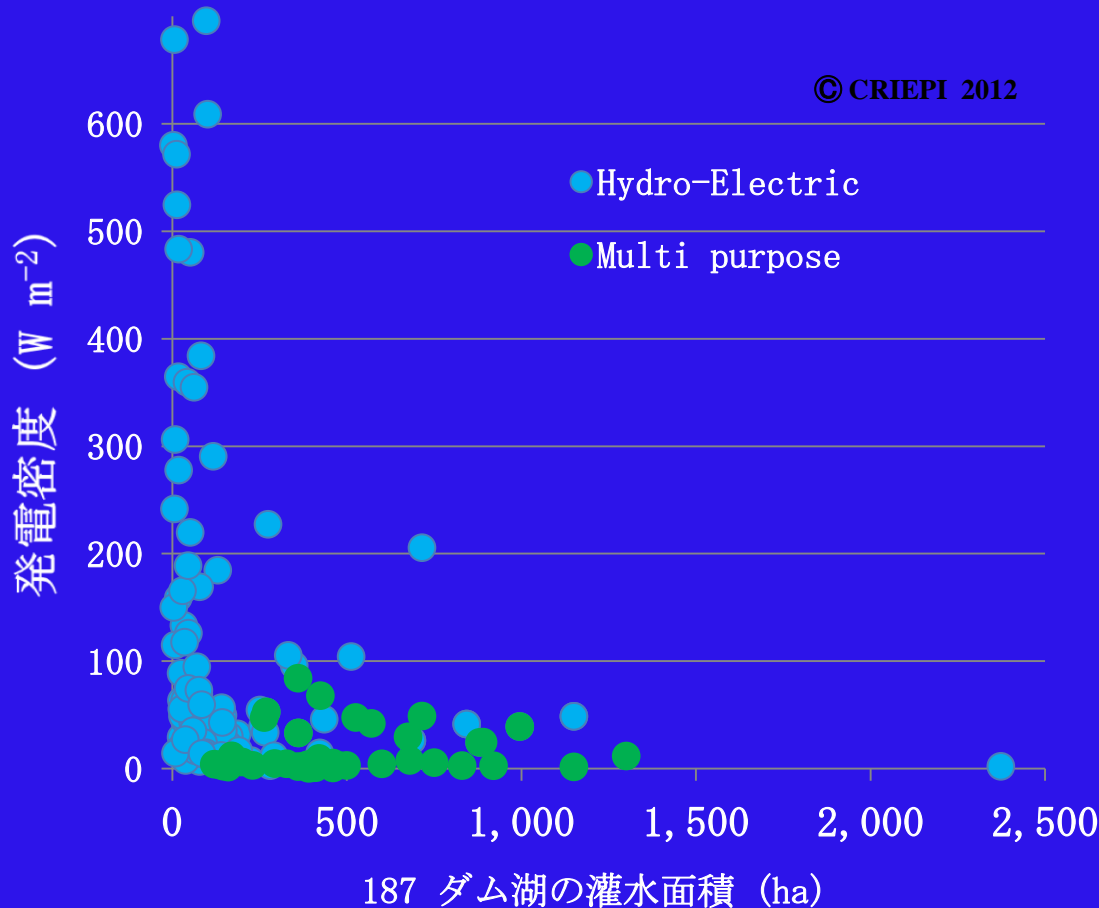
277 POWER AND DISTRICT HEATING PLANTS

35% OF NORWAY'S POWER GENERATION

3400 EMPLOYEES...
...IN MORE THAN **20** COUNTRIES

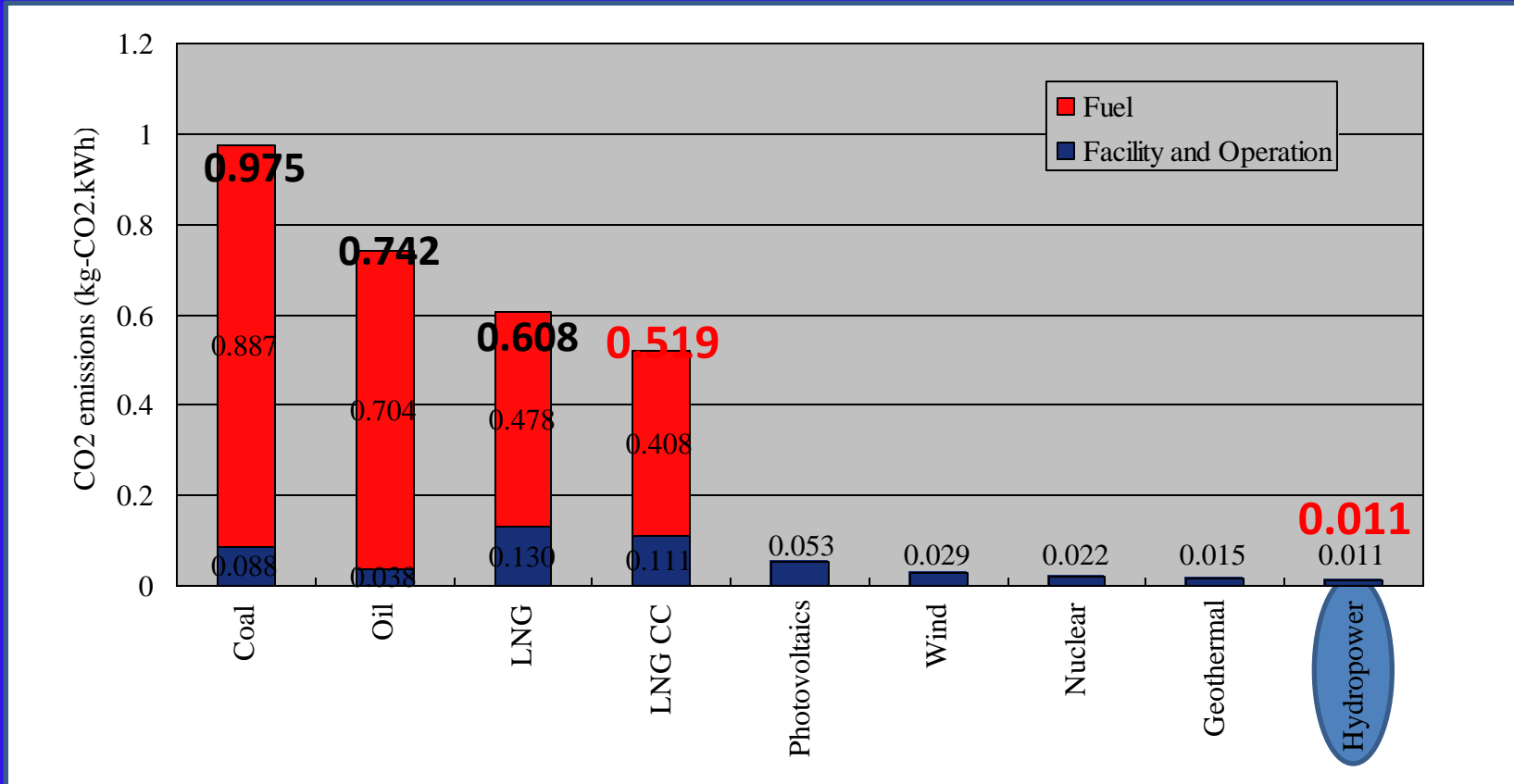


- 水力 CDM GHG 放出要評価発電密度 : $>4 \sim 10 \text{ W m}^{-2}$, $90 \text{ g CO}_2 \text{ kWh}^{-1}$
 $>10 \text{ W m}^{-2}$ GHG放出は個別評価が必要なほどではない?
- 日本: 2887 ダム (小水力含む場合3045)



ダム数	(水力)	発電密度
20	(2)	$<4 \text{ W/m}^2$
12	(4)	$4 \sim <10 \text{ W/m}^2$
187	(145)	$>10 \text{ W/m}^2$
計	17%	(4%)

水力発電量kWhあたりCO₂ 放出試算値



電中研CO₂排出原単位にもとづく



Annex XII 2012年以降の作業スケジュール

- 評価法ガイドラインのピアレビュー 2012/03
- 科学的データ収集 2011-(2013)
- モデル化 2012
- モデリングのガイドライン 作成 2012
- モデリングのワークショップ 2012
- 温室効果ガス管理ガイドライン 2012
- 情報発信と啓蒙用ツール 2012