

気候変動がダム水質に及ぼす影響と適応策

株式会社建設技術研究所 ○金山 拓広、鶴田 泰士

1. はじめに

本検討は、気候変動がダム貯水池水質に与える影響について、後述する気候変動シナリオを踏まえた流出及び水質解析により定量的に評価し、標準的な適応策をとりまとめることを目的としたものである。対象とする水質変化現象は、図 1 に示す気候変動によりダム貯水池に生ずる可能性のある、「藻類増殖」、「底層水質悪化」、「濁度の上昇」、「水温の上昇」に分類して整理した。

2. 気候変動シナリオ

2014 年 6 月 6 日に環境省が日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測に供することを目的に、RCP シナリオに基づいた地域気候モデル (MRI-NHRCM20 : 水平格子間隔 20km) の出力結果を公表しており、本検討では、同出力結果を用いたダム貯水池の水質変化試算を実施した。RCP シナリオは、政策的な温室効果ガスの緩和策を前提として、将来の温室効果ガス安定化レベルとそこに至るまでの経路のうち代表的なもの（代表的濃度経路）を選び作成したシナリオである。この RCP シナリオには放射強制力の変化に応じて、RCP8.5、RCP6.0、RCP4.5、RCP2.6 の 4 つのシナリオが存在し、本検討では表 1 に示す、4 つのシナリオの違いを見る観点と、最高位シナリオ(RCP8.5)の海面水温による違いを見る観点から 7 ケースを予測計算ケースとした。

3. ケーススタディダムの選定

ダム貯水池の基本的な水質現象である、「藻類増殖」、「底層水質悪化」、「濁度の上昇」、「水温の上昇」の気候変動による変化を幅広く検討可能な「釜房ダム」、「耶馬溪ダム」、「寒河江ダム」、「早明浦ダム」をケーススタディダムとして選定した。

4. 気候変動による水質変化予測

4.1 予測方法

ケーススタディダムに対して、流域の流出・利水モデル（非定常分布型物理モデル）、ダム貯水池の水質モデル（鉛直二次元モデル）を構築し、これに気候変動予測モデルの出力結果を入力することで、気候変動によるダム貯水池の水質・水温への影響を試算した。なお、気候変動予測モデルの出力値（気温、降水量、日射量）を扱う上では、長期的な平均や分散等の統計的な観点から、観測値に近づけるバイアス補正を行った。

4.2 予測結果

気候変動後による現在気候からの水質変化として RCP8.5_C3 の将来予測結果を表 2 に整理した。また、水質変化現象毎の気候変動後における水質予測結果の概要を以下に示す。

(1) 藻類増殖

気候変動により、平均年降水量はやや増減するものの、気温上昇による蒸発散量も増大するため、平均年総流入量が顕著な増加を示すケースはほとんどない。そのため、流入負荷量が顕著に増加するケースもほとんどないと考えられ、全体的には、藻類増殖に顕著な変化は見られない。ただし、図 2 に示すように釜房ダム、耶馬溪ダムにおいては、気温上昇に伴う水温上昇により藻類増殖期が早期化・長期化する場合が見られる。

(2) 底層水質悪化

耶馬溪ダム、寒河江ダムにおいては、気候変動により、水温上昇に伴う水温成層の安定化および有機物分解のための酸素消費量が増加し、底層の貧酸素化の進行が見られる。

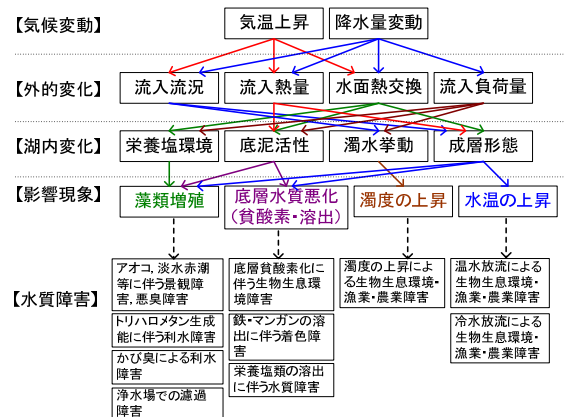


図 1 ダム貯水池の水質変化現象の関係概念図

表 1 予測計算ケース

期間	シナリオ	海面水温	情景対流スキーム	ケース名
現在気候	-	HadISST	YS	HPA_m02
将来気候	RCP8.5	SST1	YS	HFA_rcp85_C1
		SST2	YS	HFA_rcp85_C2
		SST3	YS	HFA_rcp85_C3
	RCP6.0	SST1	YS	HFA_rcp60_C1
	RCP4.5	SST1	YS	HFA_rcp45_C1
	RCP2.6	SST1	YS	HFA_rcp26_C1

RCP8.5: 高位参照シナリオ (2100 年以降も放射強制力の上昇が続く)

RCP6.0: 高位安定化シナリオ (2100 年以降に放射強制力が安定する)

RCP4.5: 中位安定化シナリオ (2100 年までに放射強制力が安定する)

RCP2.6: 低位安定化シナリオ (2100 年までにピークを迎えその後現象する)

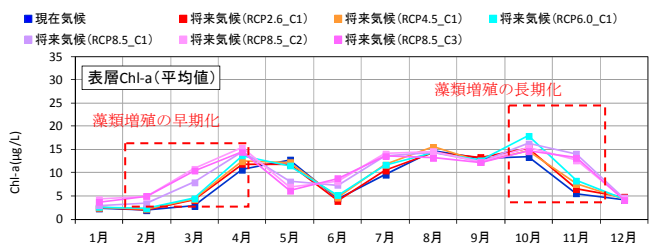


図 2 釜房ダムにおけるクロロフィル a の変化

(3) 濁度の上昇

寒河江ダムにおいては、気候変動により、発生頻度は低いですがダムへの流入量規模の増大やダムの流出土砂の特性から、濁度の上昇が見られる。

(4) 水温の上昇

気候変動により、気温上昇に伴って貯水池内水温およびダム流入水温が上昇しており、ダムの流入水温変動幅に対する温水放流日数の増加が見られる。また、耶馬溪ダム、早明浦ダムにおいては、選択取水設備の現状の運用ルールを継続した場合、若干の冷水放流の増加が見られる。

表 2 気候変動による現在気候→将来気候(RCP8.5_C3)にかけての水質変化

水質現象	指標	釜房ダム	耶馬溪ダム	寒河江ダム	早明浦ダム
藻類増殖	表層Chl-a濃度(年平均値)	8.0 $\mu\text{g/L}$ →10.0 $\mu\text{g/L}$	12.5 $\mu\text{g/L}$ →11.1 $\mu\text{g/L}$	2.8 $\mu\text{g/L}$ →2.9 $\mu\text{g/L}$	1.0 $\mu\text{g/L}$ →0.7 $\mu\text{g/L}$
	Chl-a25 $\mu\text{g/L}$ 超過日数	0日→4日	37日→21日	0日→0日	0日→0日
	藻類増殖期の変化	1ヶ月程度の早期化・長期化	1ヶ月程度の早期化・長期化	1ヶ月程度の早期化・長期化	変化なし
底層水質悪化	底層DO2mg/L未満日数	0日→0日	19日→59日	55日→84日	0日→0日
濁度の上昇	年平均表層SS濃度	3.2mg/L→3.4mg/L	1.9mg/L→2.2mg/L	3.2mg/L→5.1mg/L	0.7mg/L→1.0mg/L
	SS25mg/L超過日数	1日→2日	0日→0日	6日→28日	0日→0日
水温の上昇	年平均表層水温	11.0℃→14.9℃	18.2℃→21.8℃	9.1℃→12.9℃	17.5℃→20.5℃
	冷水放流日数	温水放流日数: 127日→144日	温水放流日数: 48日→55日 冷水放流日数: 8日→29日	温水放流日数: 44日→49日 冷水放流日数: 21日→13日	温水放流日数: 146日→161日 冷水放流日数: 37日→59日
気候変動により影響を受ける水質変化現象 ◎: 変化が大きい現象 ○: 変化はあるが顕著ではない現象		◎貯水池内水温上昇→温水放流増加 ○藻類増殖期間の早期化・長期化	◎底層での貧酸素化の助長 ◎貯水池内水温上昇に伴う温水放流増加 ◎冷水放流が増加(不適切な選択取水) ○藻類増殖期間の早期化・長期化	◎出水後の濁度上昇 ◎底層での貧酸素化の助長 ○藻類増殖期間の早期化・長期化	◎貯水池内水温上昇に伴う温水放流増加 ◎冷水放流が増加(不適切な選択取水)

5. 適応策の検討

気候変動により、水質の変化が大きいと思われる現象に対して、「既存施設の改造・強化(運用方法の見直しや施設諸元の改造など)による適応策を実施した場合の効果」と、「既存施設による適応策では十分な効果が発揮できない場合に、通常想定される施設の新規設置(新規対策は検討の対象外)を適応策として設定した際の効果」を検討した。気候変動により、水質の変化はあるが顕著ではない現象に対しては、既存施設の改造・強化の適応策により改善が図れるかについて検討を行った。水質変化現象毎の適応策検討結果の概要を以下に示す。

(1) 藻類増殖

藻類増殖に対する適応策としては、既設の曝気循環施設が有効であり、さらには、釜房ダムでは散気量の増量、耶馬溪ダムで曝気開始時期の前倒し及び散気量増量により、効果が増すと考えられる。(図 3(a)参照)

(2) 底層水質悪化

底層水質悪化に対する適応策としては、深層曝気施設や高濃度酸素水供給施設が有効と考えられる。(コスト面では深層曝気施設が有利)(図 3(b)参照)

(3) 濁度の上昇

出水に伴う濁度の上昇に対する適応策としては、選択取水設備の効果は限定的と見られ、清水バイパスのような新規施設の検討も有効と考えられる。(図 3(c)参照)

(4) 水温の上昇

冷水放流の増加に対する適応策としては、選択取水設備の運用ルールを気候変動による流入水温の変動等に対して柔軟なものに変更することが有効と考えられる。(図 3(d)参照)

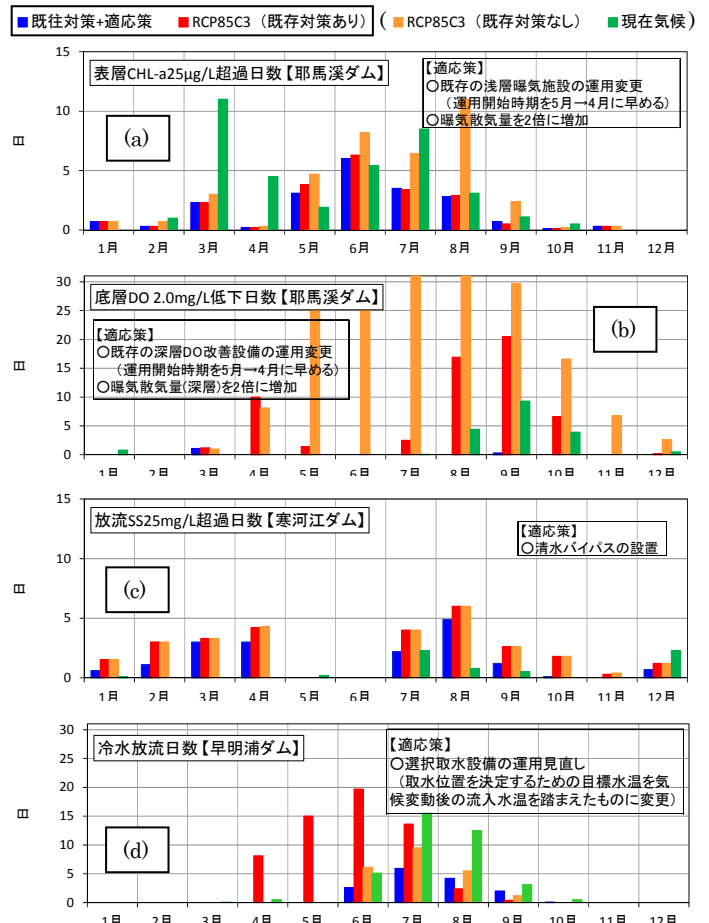


図 3 適応策の検討結果(将来気候 RCP8.5_C3 の例)