

# 丹生ダムに伴う琵琶湖への影響について

## まとめ

平成 17 年 5 月 13 日

琵琶湖河川事務所

## 目 次

はじめに .....	1
1. 検討の背景と指摘事項等について .....	1
2. 指摘事項に対する検討の進め方について .....	2
§ 1 . 姉川・高時川融雪水の丹生ダム貯留による琵琶湖深層部DOへの影響について .....	4
1.1 調査結果およびそれらから推察される事項 .....	4
1.2 姉川・高時川融雪水の丹生ダム貯留による琵琶湖深層部DOへの影響に関するまとめ(案) .	6
§ 2 . 丹生ダムに伴う琵琶湖水質への影響について .....	7
2.1 調査結果およびそれらから推察される事項 .....	7
2.2 丹生ダムに伴う琵琶湖水質への影響に関するまとめ(案) .....	11
§ 3 . 丹生ダムによる琵琶湖湖底の泥質化への影響について .....	13
3.1 調査結果およびそれらから推察される事項 .....	13
3.2 丹生ダムによる琵琶湖湖底の泥質化への影響に関するまとめ(案) .....	14

## はじめに

### 1. 検討の背景と指摘事項等について

琵琶湖の水環境保全に関しては、下水道整備を中心とした汚濁負荷削減対策をはじめとしてさまざまな対策が実施されてきたが、COD や窒素等について環境基準を上回る状況となっている。また、BOD が減少傾向にあるのに対して COD は漸増傾向を示すという BOD と COD の乖離現象が見られている。くわえて、富栄養化が進行して毎年のようにアオコ・浄水場での異臭味が発生しており、近年は北湖でもアオコの発生が確認されている。また、淡水赤潮についても以前ほどの規模ではないが依然として発生している状況にある。

さらに、地球温暖化現象の影響による冬期の気温上昇に伴い湖面冷却等による鉛直循環が弱められ、深層部が酸素不足となる現象も指摘されている。

このような中、平成 9 年の河川法改正に伴い、今後 20～30 年間の具体的な河川整備の内容を示す「河川整備計画」を策定するにあたり学識経験を有する者の意見を聴く場として、「淀川水系流域委員会」(以下流域委員会)が平成 13 年 2 月 1 日に近畿地方整備局によって設置された。その後、流域委員会は、平成 15 年 1 月 17 日、淀川水系における新たな河川整備のあり方を示した提言をとりまとめ国土交通省近畿地方整備局に提示した。

この中で、「ダムは、自然環境に及ぼす影響が大きいことなどのため、原則として建設しないものとし、考えうるすべての実行可能な代替案の検討のもとで、ダム以外に実行可能で有効な方法がないということが客観的に認められ、かつ住民団体・地域組織などを含む住民の社会的合意が得られた場合にかぎり建設するものとする」との見解が出された。

この提言内容やその後の流域委員会の議論・意見等を踏まえ、近畿地方整備局は河川整備計画に関する説明資料第 1 稿、第 2 稿、基礎原案、基礎案と順次計画内容を変更し、基礎案においては、「他に経済的にも実行可能で有効な方法がない場合において、ダム建設に伴う社会環境、自然環境への影響について、その軽減策も含め、他の河川事業にもまして、より慎重に検討したうえで、妥当と判断される場合に実施する」との考え方を示した。

流域委員会は 2005 年 1 月末を持って任期満了となり、懸案となっているダム事業については、次期委員会の課題として持ち越されることになった。

一方、流域委員会は、平成 17 年 1 月 22 日に「事業中のダムについての意見書」を提出し、その中で、丹生ダム建設による環境への影響に関する意見として、

丹生ダム建設は、ダム周辺の豊かな自然環境を破壊するばかりでなく、河川水のダム貯留による水温・水質の変化が短期的・長期的に姉川・高時川水系および世界的な古代湖である琵琶湖生態系の構造と機能に重大な負の影響をおよぼすおそれがある。

とくに本来速やかに下流の琵琶湖へ流入するはずの融雪水をダムに貯留することによる深層水の低酸素化の促進、ダムで富栄養化した水を流すことによる水質への影響、微細砂の運搬による湖底の泥質化などが懸念される。

との考えがあらためて示されたところである。

本資料は、丹生ダム建設事業の検討に資するよう、上記 4 問題のうち、深層水の低酸素化、ダムで富栄養化した水の琵琶湖水質への影響、微細砂の運搬による湖底の泥質化を対象とし、関係機関が実施している琵琶湖や流入河川・ダムにおける水質調査結果や他流域のダムの事例等をもとに指摘の影響の有無等について考察する。くわえて数値解析モデルを用いてダム貯水池・下流河川・琵琶湖の水質変化を解析し、影響検討の一助とするものである。

## 2. 指摘事項に対する検討の進め方について

前項で示した丹生ダム建設による環境への影響について、検討の視点を明確にするためダムができることによる環境の変化をマクロ的に整理した結果を図 1.2.1 に示した。また、この結果を踏まえ、指摘事項に関する問題の発生機構について仮説も含め整理すると図 1.2.2 のとおりである。

ここでは、下記 2 点の指摘事項について、これまでの丹生ダムに関する検討成果や琵琶湖における水質調査結果等から各問題の影響の程度（致命的か否か）について検討を行う。

### 指摘事項（本検討対象事項）

融雪水を丹生ダムに貯留することによる琵琶湖深層水の低酸素化への影響

丹生ダムで富栄養化した貯水池水を放流することによる琵琶湖水質への影響

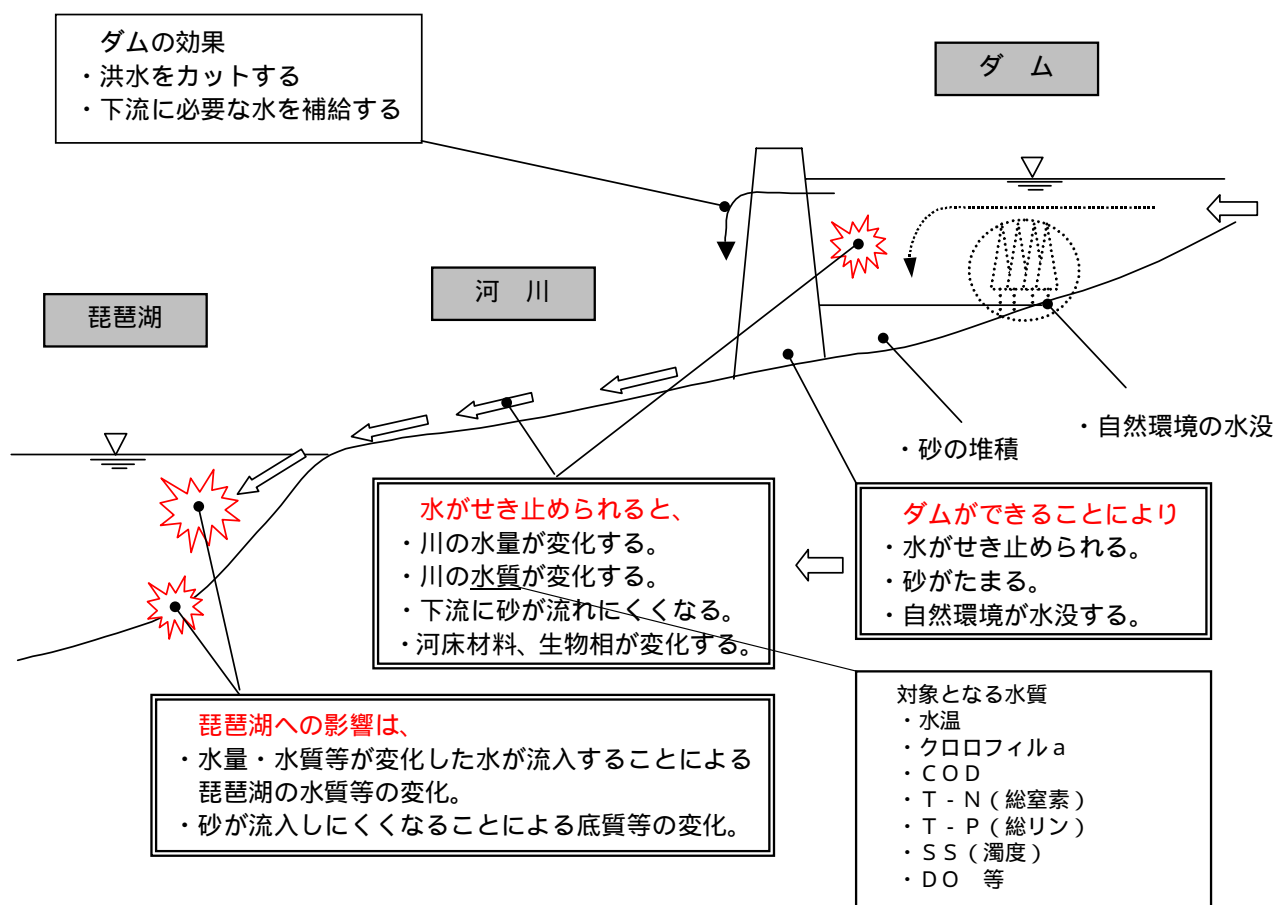


図 1.2.1 ダムができることによる琵琶湖への影響に関する視点の整理

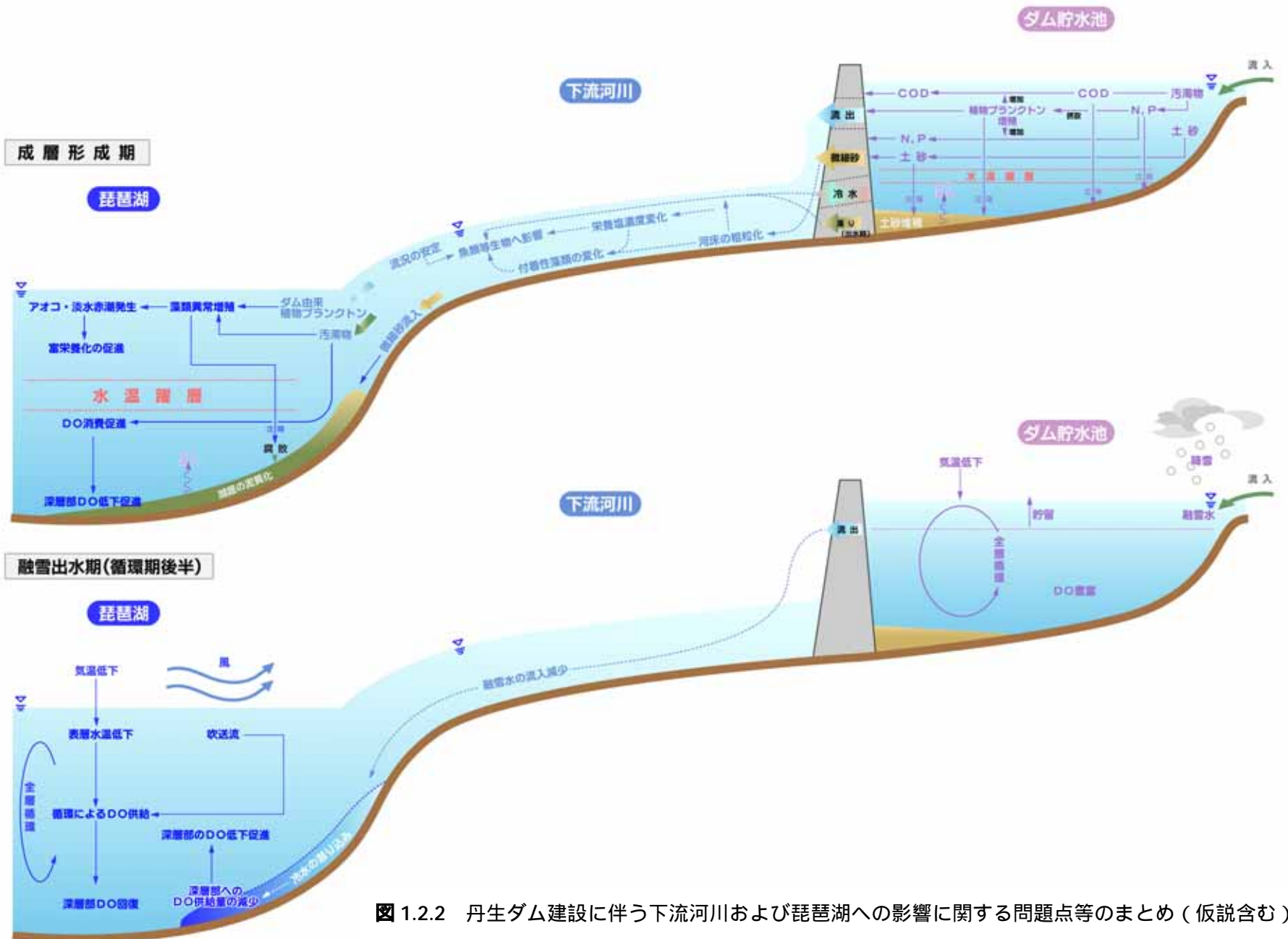


図 1.2.2 丹生ダム建設に伴う下流河川および琵琶湖への影響に関する問題点等のまとめ(仮説含む)

## § 1 . 姉川・高時川融雪水の丹生ダム貯留による琵琶湖深層部DOへの影響について

### 1.1 調査結果およびそれらから推察される事項

#### (1) 琵琶湖の循環のメカニズム

主に資料集 pp.1-1～1-22 参照

##### 【調査結果（1995～2002年の琵琶湖水質連続観測データによる）】

琵琶湖表層（水温躍層より上部の循環層）では、おおむね9月末頃より湖面の冷却が始まる。冷却が進むにつれ、表層部の水温が低下し躍層の位置が上下に振動しながら下方に移動（循環層が下方に拡大）する。躍層の直下の水が循環層に取り込まれる際、それまでおおむね一定であった水温・DOがともに一時的に増加方向に振動し、循環層の水温・DOに移行する。このようにして徐々に循環層の水温が低下、層厚が増大していく。

（なお、湖水の冷却は湖面全域でなされるが、経時的な水温低下は水深の浅い東岸域においてより顕著にみられる。また秋～冬季は北西～北北西の季節風が卓越する。）

##### 【調査結果から推察されること】

全層循環に至る基本的メカニズムは、秋季より表層付近の循環が徐々に下方を侵食し循環層厚が増大していくものと考えられ、循環期のDO回復にはこのメカニズムが大きく寄与している。

#### (2) 琵琶湖深層部DOの冬季の回復の支配要因

主に資料集 pp.1-23～1-39 参照

##### 【調査結果（近30年程度の気象・琵琶湖水質観測データによる）】

深層部の水温（今津沖中央、安曇川沖中央）の経年変化傾向は、気温（彦根）の変化傾向と良好な類似を示す。循環期（1～2月）における気温が高いと底層水温が十分低下しないという関係がみられる。一般に琵琶湖のDO濃度が底層まで回復するのは2月であり、2月の底層DO濃度は、循環期の深層水温が低いほど、またその冬の気温が低いほど高くなる関係がみられる。

##### 【調査結果から推察されること】

深層部のDOが高いレベルに回復するためには、循環期の琵琶湖水温がいかに低下するか、すなわちいかに寒い冬であるかが重要である。

（DO回復の度合いは、回復時期（全層循環の開始・終了時期）の長さおよび水温に依存するため、冬季気温の影響は大であると考えられる。）

#### (3) 琵琶湖深層部DOの回復と姉川からの融雪水流入の関係

主に資料集 pp.1-40～1-61 参照

##### 【調査結果（1985～2002年（1993年は欠測）の琵琶湖水質・姉川流量観測データによる）】

琵琶湖深層部DOは全層循環により1～2月に大きく回復する（上記期間中、2月前半までに大幅回復を示した年は17年中12年、2月前半～2月後半の間に示した年は17年中5年）。一方、姉川からの融雪水の月別流量は3月が最大となる年が多い（上記期間中、1～4月の月間流量が最大となる年は、1月が1年、2月が4年、3月が11年、4月が1年）。

また、3月の姉川からの流入量の大小と翌年2月までの琵琶湖深層部DO変化との間には明確な関係はみられない。

##### 【調査結果から推察されること】

深層部のDO回復は、姉川からの融雪水の主たる流入時期より前にあたる2月までに生起しており、DO回復の主たるメカニズムは、姉川からの融雪水の流入に支配されるものではない。また、姉川からの融雪水の流入量の大小は、その後翌冬までのDO変化に明確な影響を及ぼすものではない。

(4)水温からみた姉川河川水の潜り込みの可能性

主に資料集 pp.1-62 ~ 1-64 参照

【調査結果（1995～2004の観測データによる）】

姉川からの流入水温と琵琶湖水温の関係をみると、1月下旬～2月は河川水温の方がおおむね2～3℃低く、3月の河川水温は琵琶湖水温より低い場合もあれば高い場合もある。琵琶湖表層水温の上昇（水温躍層の形成）は3月中旬～4月上旬頃から始まる。4月の河川水は琵琶湖の中・底層より高温である。

【調査結果から推察されること】

水温差による密度流の観点からは、3月以降は、姉川からの流入水は必ずしも琵琶湖底層に潜り込むとはいえない。

(5)融雪出水の琵琶湖内への侵入・拡散状況

主に資料集 pp.1-65 ~ 1-80 参照

【調査結果（2002，2004年の現地調査による）】

2月下旬以降の融雪出水（琵琶湖水より低温）は、琵琶湖に流入後湖流の影響を受けて主として南～南東方向に移流・拡散しており、いずれの調査時においても、湖底に沿って深層部に侵入するような流れはみられなかった。

【調査結果から推察されること】

2月下旬以降の姉川からの融雪水が琵琶湖深層部に潜り込み DO を供給するというメカニズムは、必ずしも成立しているとはいえない。

(6)循環により深層部に供給された DO 量

主に資料集 pp.1-81 ~ 1-93 参照

【調査結果（2005年の姉川・琵琶湖水質連続観測データによる）】

2005年は、1月28日時点では水深50～60m付近に水温躍層があったが、2月10日時点では全循環が発生し深層部の低酸素層はほぼ解消していた。この間の琵琶湖北湖内の DO 増加量を試算すると、約27,000ton程度と算定される。なお、この期間に姉川から流入した DO 量は約200ton（飽和 DO 濃度として水温より算定。）と算定される。また、琵琶湖逆算流入量から推定すれば、この期間に琵琶湖流入全河川から流入した DO 量は約2,300ton程度と推定される（単位水量あたりの DO 量は姉川水質調査結果を使用して算定。）

【調査結果から推察されること】

全層循環直前の約2週間に深層部に供給された DO 量は、姉川からの流入 DO 量をはるかに凌ぐものであり、琵琶湖流入水量から推定される全流入 DO 量と比較しても、深層部の DO 供給に対しては湖水の全層循環が支配的な役割を果たしている。

## 1.2 姉川・高時川融雪水の丹生ダム貯留による琵琶湖深層部DOへの影響に関するまとめ（案）

### 【調査結果からいえること】

琵琶湖深層部へのDO供給のメカニズムにおいては、湖水の冷却による全層循環が支配的である。姉川からの融雪水の流入は、その生起時期および流入状況からみて深層部へのDO供給メカニズムに果たす役割は明確には考えられず、またDO供給量の点からみても深層部へのDO供給への寄与はわずかであると考えられる。

すなわち、まとめると以下のようにいえる。

- (1) 琵琶湖水質連続観測データより、全層循環に至る基本的メカニズムは、秋季より表層付近の循環が徐々に下方を侵食し循環層厚が増大していくものと考えられ、循環期のDO回復にはこのメカニズムが大きく寄与している。
- (2) 近30年程度の気象・琵琶湖水質観測データより、深層部のDOが高いレベルに回復するためには、循環期の琵琶湖水温がいかに低下するか、すなわちいかに寒い冬であるかが重要である。
- (3) 琵琶湖水質・姉川流量観測データより、深層部のDO回復は、姉川からの融雪水の主たる流入時期より前にあたる2月までに生起しており、DO回復の主たるメカニズムは、姉川からの融雪水の流入に支配されるものではない。また、姉川からの融雪水の流入量の大小は、その後翌冬までのDO変化に明確な影響を及ぼすものではない。
- (4) 河川水温・琵琶湖水温観測データより、水温差による密度流の観点からは、3月以降は、姉川からの流入水は必ずしも琵琶湖底層に潜り込むとはいえない。
- (5) 現地調査結果より、2月下旬以降の姉川からの融雪水が琵琶湖深層部に潜り込みDOを供給するというメカニズムは、必ずしも成立しているとはいえない。
- (6) 2005年の姉川・琵琶湖水質連続観測データより、全層循環直前の約2週間に深層部に供給されたDO量は、姉川からの流入DO量をはるかに凌ぐものであり、琵琶湖流入水量から推定される全流入DO量と比較しても、深層部のDO供給に対しては湖水の全層循環が支配的な役割を果たしている。

よって、丹生ダムによる高時川上流域の融雪水（主として3月以降）の貯留が琵琶湖深層部のDO供給に影響を及ぼす可能性は、ほとんどないものと考えられる。

### 【引き続き解明すべき点】

冬季の琵琶湖水温低下に対する姉川からの融雪水流入の寄与、具体的には

- ・全層循環が最深部に至る直前に姉川からの流入水が及ぼす影響（トリガー効果の可能性）
- ・全層循環が最深部に至った後の湖水（全層）の水温低下及び溶存酸素上昇の要因分析と姉川からの流入水が及ぼす影響

姉川からの流入水（融雪出水、夏～秋季出水等）による琵琶湖内DOの年間変化（供給および消費）への影響

上記 に対する、ダムによる河川流況・水質変化の影響



## § 2 . 丹生ダム建設に伴う琵琶湖水質への影響について

### 2.1 調査結果およびそれらから推察される事項

#### (1)丹生ダムにおける水質問題発生の可能性について

##### 貯水池水質予測について

【調査結果（1985年～1994年のダム貯水池水質予測結果による）】

##### 1)冷温水現象について

主に資料集 pp.2-8～2-10 参照

丹生ダム建設後の貯水池放流水温については、循環期の1～3月では、放流水温は流入水温よりもやや低めとなる場合があるが、全体としては、選択取水設備の運用によって概ねダム建設前の水温と同等のレベルを維持する結果となっている。

一方、1989年の9月中旬以降の成層の崩壊が始まる時期において、出水による流入水を貯留した場合、出水後濁度の低い表層から継続的に貯水池水を取水することにより、一時的に流入水よりも温度が高い（5程度）貯水池水を放流する可能性がある。

##### 2)濁水の長期化現象について

主に資料集 pp.2-11～2-16 参照

濁水の長期化現象については、1989年や1990年では出水が連続的に生じ、出水後が成層崩壊時期にあたる場合に、放流濁度が流入濁度を上回りその状態が継続する予測結果となっている。

その他の年においては出水時も含め、貯水池が沈殿池的な役割を果たすことから概ね放流濁度は流入濁度がよりも低くなっている。

また、既往最大規模の出水（1953年7月に日平均159m<sup>3</sup>/sの流入量）の場合には、選択取水設備の運用を水温優先から濁度優先にすることにより、放流濁度を短期に低下させることができる予測結果となっている。

##### 3)富栄養化現象について

主に資料集 pp.2-17～2-31 参照

丹生ダムによる貯留によってCODや窒素濃度は流入水質よりもやや濃度が高くなるが、リンは反対に濃度が低下する予測結果となった。COD濃度の上昇原因については、植物プランクトンの増殖による内部生産の影響によるものと思われるが、その上昇の程度は比較的小さい。一方、全窒素・全リンの流入負荷量と放流負荷量を比較すると10年間でダムに貯留された量は25(t/年)・58(t/年)、ダムに貯留された割合は流入負荷量の1.9%・53.7%となり、全窒素はわずかであるが、全リンは流入負荷量の半分以上が貯留されている結果となった。

また、植物プランクトンの増殖の程度およびそれに伴う貯水池の水質変化は、各年の流況や気象条件によって変化するが、水質予測結果による限りさほど大きな増殖は示さず、富栄養化判定基準の中栄養(クロロフィルa:年平均値=8μg/L、年最大値=25μg/L)を超えることはない。同様に、リンについても富栄養化判定基準の中栄養(T-P=0.025mg/L)を超えることはない。窒素については、年によって富栄養化判定基準の中栄養(T-N=0.5mg/L)を超える場合があるが、その年において植物プランクトンが著しく増殖することはない。

#### 環境放流を実施した場合の貯水池水質予測

【調査結果（1992～2002年のダム貯水池水質予測結果による）】

##### 1)冷温水現象について

主に資料集 pp.2-32～2-36 参照

環境放流（琵琶湖水位低下抑制のための丹生ダムからの放流：50m<sup>3</sup>/sを最大20日間：約8,600万m<sup>3</sup>）を実施した場合の丹生ダム放流水温については、環境放流量が多くなる2000年の流況条件に

おいては、7月後半のダムからの補給水の水温は流入水温を下回る場合がある。

これに対処するための方策として曝気循環を行うと温水が確保でき、放流水温が流入水温を下回らない運用が可能であることが予測された。

また、曝気条件によっては秋期以降で流入水温よりも放流水温が高くなる場合があるが、曝気条件を変更することにより放流水温を流入水温と同程度に維持できる結果となった。すなわち、環境放流（約 8,600 万 $m^3$ ）でも冷温水放流しないことが確認された。今後は、運用も含め曝気循環施設の具体的検討・設計を実施していく。

## 2)濁水の長期化現象について

主に資料集 pp.2-37 参照

環境放流と濁水の長期化現象の関係については、出水後に環境放流を実施する場合に、貯水池内に残存している濁水を下流に放流することが懸念される。2002 年では7月中旬に出水があり、その前後で環境放流を行っているが、出水後は貯水池の濁質は速やかに沈降し表層濁度は低くなっている。また、環境放流時は表層から取水することから放流濁度は低く、環境放流によって放流濁度が高くなることはない。仮に大出水があった場合は、濁度が下がるまで環境放流はしないような運用を考えている。

## 3)富栄養化現象について

主に資料集 pp.2-39～2-48 参照

全窒素・全リンの流入負荷量と放流負荷量を比較すると 11 年間でダムに貯留された量は 99 (t/年)・73 (t/年)、ダムに貯留された割合は流入負荷量の 7.7%・57.0%となり、全窒素はわずかであるが、全リンは流入負荷量の半分以上が貯留されている結果となった。

環境放流条件を考慮した場合においても、貯水池表層の植物プランクトンは大きな増殖を示さず、富栄養化判定基準の中栄養（クロロフィル a：年平均値 = 8  $\mu g/L$ 、年最大値 = 25  $\mu g/L$ ）を超えることはない。同様に、窒素、リンについても富栄養化判定基準の中栄養（T - N = 0.5mg/L、T - P = 0.025mg/L）を超えることはない。

また、曝気を行うことによって、富栄養化を助長させる場合があるとの指摘がある。これに対して、曝気を実施しない場合と曝気を実施した場合の貯水池水質予測結果を比較すると、曝気を行うことによって表層のクロロフィル a 濃度や COD、栄養塩濃度（窒素、リン）が増加するような状況は認められない。むしろ曝気を行った方がクロロフィル a 濃度が低下し、COD、窒素、リン濃度も低くなる予測結果となっている。

### 【調査結果から推察されること】

冷温水問題については、選択取水設備の運用によりダム建設後も流入水温と同程度の水温の水を放流することが可能である。なお、環境放流の実施を前提とした場合、冷温水問題が発生する可能性はあるが、曝気循環による対策を行うことにより問題は解消されると予測される。

濁水の長期化現象については、比較的生起頻度が高い中小規模の出水に関しては問題が発生する可能性は低いと考えられる。既往最大規模の出水（1953 年 7 月に日平均 159 $m^3/s$ の流入量）の場合は、選択取水設備の運用により、放流濁度を短期に低下させることができる予測結果となっている。

全体としては、流入濁度よりも放流濁度の方が低くなっている。

富栄養化現象については、予測されるクロロフィル a、窒素、リンの濃度の結果よりある程度植物プランクトンの増殖は認められるが、アオコ等の富栄養化問題が発生する可能性は低いと推察される。

ダムによる全窒素負荷量の貯留はわずかであるが、全リン負荷量は半分以上貯留されており、貯

水池は下流への栄養塩供給を低減させるものと推察される。

また、曝気を行うことによって貯水池における富栄養化を助長する可能性は低く、むしろ富栄養化の抑制に寄与するものと推察される。

## (2) 丹生ダム放流に伴う下流河川水質変化について

主に資料集 pp.2-99~2-114 参照

【調査結果(1995~1998年の環境放流を実施しない下流水質予測結果による)】

ダム放流に伴う下流河川の水質変化について、水温は下流河川の魚類等の生物生息環境にとって重要な要因である。例えば4~5月のアユ遡上期、9~11月のアユの産卵、ビワマス遡上・産卵期についてダムから約14km下流の川合地点でみると、4~5月期ではダムがない場合は平均12.7、ダムがある場合は平均12.6、9~11月期ではそれぞれ13.7、13.8度と変化が小さい結果となっている。

SSについては、ダムが沈殿池な役割を果たすことから、ダムがない場合に比べダムがある場合の方が全体として濃度レベルは低くなっている。

ちなみに、水温と同様に川合地点における4~5月期および9~11月期のダムがない場合とダムがある場合の平均SS濃度を比較すると、前半の期間では、ダムなし10.5mg/L、ダムあり7.7mg/L後半の期間に対してはダムなし3.1mg/L、ダムあり2.0mg/Lとなっている。

一方、他ダムにおける調査結果によると、濁度10度以上が30~90日程度続く場合は、魚類(アユ、アマゴ等)への影響があるとの知見が得られている。特にアユ・ビワマスに着目すると、姉川・高時川では、4月~5月のアユ遡上期は流入濁度よりも放流濁度の方が低くなっている。また、9~11月頃まではアユやビワマス(アマゴの近縁種)の遡上・産卵の時期にあたるが、出水後の放流濁度が30日以上10度を超える状況は生じていない。

CODについては、貯水池における内部生産によってダムがない場合に比べ放流COD濃度はやや高くなるが、ダムから約14km下流の川合地点におけるダムがない場合の平均COD濃度は1.7mg/L、ダムがある場合は1.8mg/Lとなっている。

また、CODについてはダムがある場合は、ない場合に比べて濃度の変化が小さく安定化する傾向が認められるが、姉川下流ではダムの有無による差はほとんどなくなる結果となっている。

【調査結果から推察されること】

ダム放流に伴う下流河川に対する直接的な水質変化が見られる範囲はダムから約22km下流の福橋地点までであり、同区間における水質変化も水質予測結果による限り小さいと推察される。このため内水面保護区域(ダムから約24km~姉川河口)ではダムの影響は小さいと考えられる。さらにダムから約28km下流の野寺橋地点(姉川河口から2km上流)においては、ダムの直接的な影響はより小さくなり、ダムの有無による琵琶湖へ流入する水質は直接的にはほとんど変化しないと推察される。

## (3) 琵琶湖流域の既存ダムにおける水質変化と下流河川・琵琶湖への影響

【調査結果(日野川ダム、宇曾川ダム、青土ダム、石田川ダム、姉川ダムの近年10ヶ年の調査結果)】

主に資料集 pp.2-133~2-142, 2-166~2-168 参照

対象とした既存ダムは規模が小さいものの、滞留時間は植物プランクトンの増殖に十分な湖水の滞留状況となっており、各ダムの水質は基本的には流入水質に影響を受ける結果となっている。対

象ダムのうち日野川ダムは富栄養のレベルにあると考えられるが、植物プランクトンの優占種は珪藻類であり、アオコ等の原因となる藍藻類が異常に増殖することはない。

既存ダム貯水池においても淡水赤潮の原因となる種は量的に少ないが確認されている。しかしながら、各河川が流入する琵琶湖沿岸域ではこれまでダムで確認された種（ケラチウム属、ペリディニウム属）による淡水赤潮の発生はない。

下流河川水質では、ダムより下流区間において汚濁負荷流入の影響が大きいため、下流河川水質に及ぼすダムの影響は明確でない。

近年、供用が開始された姉川ダムでは下流の国友橋地点の水質は有機物、栄養塩ともに建設前後の濃度レベルに大きな差は認められない。

【調査結果から推察されること】

既存ダムでも淡水赤潮の原因藻類の存在が確認されており、これらの藻類が下流河川を経て琵琶湖に流入する可能性はあるが、琵琶湖では環境条件が異なるため同種による淡水赤潮の発生は今のところ認められていない。

姉川ダム下流の水質は、ダム建設前後で大きな差は認められず、ダムの建設によって下流水質が悪化するような傾向はうかがえない。

(4)他水域における貯水池と下流河川等における植物プランクトンの状況

【調査結果（木津川上流ダム群等における 2002、2003 年調査結果等による）】

主に資料集 pp.2-169～2-171,2-181～2-182 参照

室生ダム貯水池（網場表層）と 6km 下流の鹿高井堰地点を比較すると下流地点の植物プランクトン現存量は約 1/100 程度となっており、浮遊性の藻類もほとんど見られない結果となった。

また、同じ川の上流と下流に位置するダム貯水池における植物プランクトンの関連性については、近年供用が開始された富郷ダム、比奈知ダムの植物プランクトンを考察した。これにより富郷ダム下流の新宮ダムと比奈知ダム下流の高山ダムでは、富郷ダム、比奈知ダムで発生したプランクトンが繁殖する現象は確認できなかった。

【調査結果から推察されること】

貯水池内で増殖した浮遊性の藻類は放流に伴って流出するが、流下するに従いその現存量は大きく減少する。この結果は、流れ場である河川では浮遊性の藻類は増殖しにくいことを示すものと考えられる。

上流貯水池と下流貯水池における植物プランクトンの発生は、上流ダム貯水池での発生状況よりもむしろ下流ダム貯水池での他の要因（水理・水質・気象など）により決定される部分が多いと考えられる。

(5)丹生ダムと規模、流入水質レベル等が類似するダムの水質状況

主に資料集 pp.2-183～2-199 参照

【調査結果（湯田ダム、真名川ダム、岩屋ダム 1994～2003 調査結果）】

真名川ダム、岩屋ダムの貯水池回転率はそれぞれ、3.63 回/年、4.60 回/年であり、丹生ダム（2.32 回/年）と若干差はあるが、いずれのダム貯水池も植物プランクトンの増殖には十分な湖水の滞留状況となっている。また、これらのダムは貯水池容量、湛水面積が丹生ダムに類似している。さらに真名川ダムは流入 COD、栄養塩レベルも概ね同レベルとなっている。なお岩屋ダムの流入水質は丹生ダムよりも濃度レベルはやや低い。

また、湯田ダムは丹生ダムと概ね同程度の貯水池容量を有するとともに流入栄養塩レベルは同等もしくはやや高めである。一方、貯水池回転率は 15.87 回/年と大きい植物プランクトンの増殖には十分な湖水の滞留状況である。これら既設 3 ダム貯水池では、富栄養化によるアオコの発生もなく、全般的にクロロフィル a 濃度も低く富栄養化現象は生起していない。

ただし、真名川ダムおよび岩屋ダムでは淡水赤潮発生の可能性が示唆されるが、この現象による直接的な被害の報告はない。

#### 【調査結果から推察されること】

丹生ダムは既存の真名川ダムに最も類似し、ついで岩屋ダムおよび湯田ダムも比較的特性が類似している。このことから、丹生ダム建設後の貯水池水質はこれら類似ダムの現状水質と同程度になると推察され、アオコが発生するような富栄養化現象は生じないものと考えられる。

なお、類似ダムでは淡水赤潮の発生が示唆されることから、丹生ダムにおいても同現象発生の可能性は否定できない。

### (6)高山ダムのアオコ対策事例

主に資料集 pp.2-200 ~ 2-202 参照

#### 【調査結果（高山ダムにおける 2002～2004 年の調査結果による）】

高山ダム貯水池では、富栄養化の進行に伴うアオコの発生に対処するため、2001 年度より散気式の浅層曝気設備の導入を開始し、2004 年度からは 4 基の設備が稼働している。

その結果、3 基の浅層曝気設備の運転を開始した 2003 年度より貯水池における植物プランクトン現存量は減少するとともにアオコ原因藻類であるミクロキスティス属やカビ臭の原因藻類であるフォルミディウム属の現存量も減少し、アオコの発生は見られなくなった。

#### 【調査結果から推察されること】

浅層曝気設備の効果確認を確実なものとするため更なるデータの蓄積が必要であるが、浅層曝気設備の運用によりアオコやカビ臭の原因藻類の発生を抑制できることが確認された。

### 2.2 丹生ダム建設に伴う琵琶湖水質への影響に関するまとめ（案）

#### 【調査結果からいえること】

##### 冷温水現象発生の可能性

冷温水現象については、選択取水設備の運用によりダム建設後も流入水温と同程度の水温の水を放流することが可能である。なお、環境放流の実施を前提とした場合、同問題が発生する可能性はあるが、選択取水施設、曝気循環設備の運用により問題は解消されることが考えられる。

##### 濁水の長期化現象発生の可能性

濁水の長期化現象については、比較的発起頻度が高い中小規模の出水に関しては問題発生の可能性は低いと推察される。既往最大規模の出水（1953 年 7 月に日平均 159m<sup>3</sup>/s の流入量）の場合でも選択取水設備の運用により放流水の濁度を短期に低下させることができると推察される。

##### 富栄養化現象の発生の可能性

- ・丹生ダム貯水池のアオコ・淡水赤潮など水質障害発生の可能性について

丹生ダム貯水池において、他ダムの事例、貯水池水質予測結果より、アオコ発生レベルの富栄養化問題が生起する可能性は低いと推察される。ただし、淡水赤潮発生の可能性は否定できない。

- ・丹生ダム貯水池の有無による有機物・栄養塩の濃度変化について

他ダム事例、貯水池水質予測結果より、丹生ダム貯水池における有機物については、内部生産によりダムがない場合よりも全体として放流水のCOD濃度レベルはやや高くなるとともに、濃度変化が小さく安定化するものと推察される。栄養塩のうち窒素については、CODと同様の傾向を示し、リンについてはダムがある方が放流水のリン濃度は低くなるものと推察される。

また、ダムによる全窒素負荷量の貯留はわずかであるが、全リン負荷量は半分以上貯留されており、貯水池は下流への栄養塩供給を低減させるものと推察される。

丹生ダム貯水池から放流される有機物・栄養塩によって琵琶湖水質に及ぼす影響について貯水池水質予測結果および下流河川水質予測結果より、ダムがある場合とダムがない場合の姉川下流水質の差は小さく、ダムの有無による琵琶湖へ流入する水質は直接的にはほとんど変化しないと推察される。

丹生ダム貯水池で発生した藻類の琵琶湖への流入とアオコ等の水質障害が発生する可能性について

丹生ダム貯水池でアオコ発生等の富栄養化問題が発生する可能性は低いと考えられるが、丹生ダム貯水池で増殖した植物プランクトンが琵琶湖に流入する可能性は否定できない。しかし、既設ダム下流河川での現地調査結果より流下過程で現存量が減少すること、また、既設ダム事例から丹生ダム由来の植物プランクトンによって、アオコや淡水赤潮等の藻類が琵琶湖で増殖する可能性は低いと推察される。

以上により、丹生ダム貯水池からの放流が、直接、琵琶湖の水質に重大な影響を及ぼすことはないものと推察される。

#### 【引き続き調査すべき点】

丹生ダム放流に伴う下流河川・琵琶湖への影響の検討に資するため、現地調査を実施しデータの蓄積を図る。

上記の調査結果等にもとづき、丹生ダム放流に伴う下流河川・琵琶湖への影響についての検討の充実を図る。

#### 【水質保全対策の実施】

丹生ダム貯水池水質および下流河川水質の変化は、他のダム貯水池事例と水質予測計算結果を前提としており、推察の不確実性は払拭できない。

したがって、現時点での水質保全対策技術でもって最大限の保全に努める。具体的には、下記の対策の実施により最適なダム操作運用を今後も検討していく。

##### (1) 選択取水設備の規模とタイプの具体的な検討

冷温水放流

出水後の放流濁度の低減

##### (2) 曝気装置（任意の水深で運用が可能なタイプ）の設置台数・設置位置および運用方法の検討

冷温水放流

アオコ等の異常増殖防止

貯水池底層の貧酸素化の防止

## § 3 . 丹生ダムによる琵琶湖湖底の泥質化への影響について

### 3.1 調査結果およびそれらから推察される事項

#### (1) 琵琶湖湖底の泥質化の状況

【調査結果（1969、1995、2002 の水産試験場の調査結果による）】

琵琶湖湖岸に沿って 55 箇所の基点を定め、各基点において水深 1m 毎に 7m 深度までの各 6 地点、計 330 地点において実施された調査結果を整理した結果は、次のとおりである。

- ・ 琵琶湖全周で見ると泥の面積比率が高くなっている。
- ・ 琵琶湖全周を深度別で見ると、深度 3～5m の範囲でその傾向が比較的顕著である。
- ・ 地区別で見ると、底質の泥化・粗粒化の傾向がみられる地点は比較的分散しており、一概には傾向が把握できない。
- ・ 地点別でも、泥化・粗粒化について、一概に傾向は把握できない。
- ・ 調査期間中（1969～2002 年）に、新しくダムの完成等があった場合でも、泥化もしくは粗粒化との明確な因果関係や傾向は窺えない。

【調査結果から推察されること】

琵琶湖全周においては泥化の傾向が窺えるものの、地区別、地点別の観点ではどちらにおいても、泥化・粗粒化の一方の傾向が顕著に見られるところは少なく、傾向が把握できない。例えば、湖南では比較的、泥化の傾向が多く見られるものの、粗粒化の見られるところもある。各々の地点での深度別でも、泥化・粗粒化が前後して見られる所が多い。

#### (2) 琵琶湖に流入する河川の状況

【調査結果（文献調査）】

- ・ 琵琶湖流域（3,848km<sup>2</sup>）に対して、代表的な流入河川の流域（1,472.90 km<sup>2</sup>＝野洲川、姉川、安曇川、日野川、愛知川）の占める割合は、約 38.3%である。
- ・ 代表的な流入河川におけるダム流域が占める割合は約 6.4%である（計 247.9 km<sup>2</sup>＝野洲川：野洲川ダム 32.5、青土ダム 23.8、姉川：姉川ダム 28.3、安曇川：ダムなし、日野川：日野川ダム 22.4、蔵王ダム 9.4、愛知川：永源寺ダム 131.5）。
- ・ 県内のダム堆砂状況（8 ダム＝前出の 6 ダム＋犬上ダム、宇曾川ダム）から算定した比流出土砂量は、約 200～610m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>・年の範囲である。例えば、貯水池規模最大の永源寺ダムの堆砂量は、約 87 万 m<sup>3</sup>（30 年経過時、堆砂率 3.8%）である。
- ・ 県内ダムの堆砂状況から、比流出土砂量を流域面積と年平均比流出土砂量の関係図で見ると、各ダム地点においては、「流域面積と年平均流出土砂量の関係」図（土木学会編水理公式集(H11 年度版)）に示される「流出土砂量が少ない中国地方の河川のもの」の範囲にある。
- ・ この県内ダムの堆砂状況から平均的な土砂流出と流域面積の関係を、琵琶湖流入河川の平均的な土砂流出量と想定して、琵琶湖流入河川からの流出土砂量を概算すると、概算値は 77 万 m<sup>3</sup>/年となった。この値に対する既設ダムへの流出土砂量の比率は 10.6%となった。
- ・ 放射線鉛法により琵琶湖湖底の堆積年代を算定した結果をもとにして、琵琶湖湖底全体の年間堆積量を概算すると、底泥の堆積量は数十万 m<sup>3</sup>/年程度と概推された。

#### 【調査結果から推察されること】

全国レベルで見た場合に琵琶湖流入河川は流出土砂量が少ない河川の範囲にあること、また、琵琶湖流域面積に占める既設ダム流域面積の割合を考え合わせると、既設ダムの土砂移動遮断による琵琶湖への影響は大きくはないと考えられる。

### 3.2 丹生ダムによる琵琶湖湖底の泥質化への影響に関するまとめ（案）

#### 【調査結果から言えること】

琵琶湖全周では、泥の面積比率が高くなっており、深度別では、深度 3～5m の範囲でその傾向が比較的顕著である。地区別・地点別で見た場合には、一定の傾向は見受けられず、地区別・地点別での傾向は一概に把握できない。

新しくダム等が完成した場合でも泥化もしくは粗粒化との明確な因果関係や傾向は何えないこと、また、琵琶湖流入河川は、流出土砂量が少ない河川の範囲にあることから、ダム設置に伴う土砂移動の遮断が、湖底の泥質化に大きなインパクトを与えるということはないと考えられる。

#### 【引き続き解明すべき点】

湖底の泥質化という現象は、大きくは、粗粒分が減少することにより細粒分が卓越したことによる現象と、湖内でのプランクトンの遺骸など有機物の蓄積による現象の 2 つが重なったものと考えることができる。

仮説として、琵琶湖をとりまく周辺の状態の変化、湖内の有機物の増加、河川からの有機物の流入量の増加などを原因とする、以下に示すような要因が複合したものと考えられる。このため、琵琶湖湖底の泥質化についての影響に関しては、総合的な視点の下で、引き続き解明していく必要がある。

- ・ 山林保全・砂防ダム整備により流下する粒径の粗粒分が減少し、相対的に細粒分が増加
- ・ 河川の護岸整備により、河岸からの土砂供給の減少
- ・ 琵琶湖湖岸の護岸整備により、湖岸からの土砂供給の減少
- ・ 琵琶湖の内部生産によりプランクトンの増殖

#### （案）

本資料「丹生ダムに伴う琵琶湖への影響について まとめ」は、姉川・高時川河川環境 WG における指導・助言を総括して作成したものである。

- ・ 姉川・高時川河川環境 WG；池上委員、江頭委員、熊谷委員、寶委員、竹門委員  
田中委員、鳥塚委員、前畑委員、渡邊委員

さらに、各章について、§ 1 は、京都大学；井上教授、細田教授、§ 2 は、龍谷大学；宗宮教授の個別指導・助言を踏まえて作成したものである。