

河川水熱エネルギー利用に係る
河川環境影響検討指針(案)
(解 説)

平成 7 年 2 月

(財) 国土開発技術研究センター 編集

は じ め に

わが国の長期エネルギー需要見通しでは、エネルギー消費が今後も増大に向かうことが予測されている。現状のエネルギー消費量を維持したとしても30～50年程度で石油の供給は限界に達してしまうとの試算結果もある。さらに地球規模の環境問題、特に化石燃料の消費によって放出される二酸化炭素による地球温暖化が叫ばれており、先進工業国においては石油代替エネルギーの開発及び導入が早急の課題となっている。

このような状況下で、都市排熱、地熱、河川水熱などの今まで利用されていなかった微弱な熱を集積するヒートポンプによる熱エネルギー利用は、環境負荷の少ないエネルギーであるところから、地球環境保全の観点から注目されている。

現時点では河川水熱を熱源とした地域冷暖房の事業化事例は少ないが、河川水熱エネルギーは、賦存エネルギーが大きく、また、水温の年間変動が気温と比較して小さく、熱源として安定しており、今後は河川水熱エネルギー単独あるいは各種熱源と有効に組み合わせた形で地域冷暖房事業の熱源として利用される機会が増大するものと予想される。

本指針（案）は、河川水熱エネルギーの利用が適切になされるように、河川水熱エネルギー利用が河川環境に与える影響を検討する方法等について定めたものである。

このため、建設省河川局では、河川水熱エネルギーの利用が適切になされるように、その利用が河川環境に与える影響を検討する方法等について定めた指針（案）を作成し、平成7年2月に河川計画課長から、地方建設局、都道府県等に通知した。本書は、同指針（案）及びその内容を具体的に説明した解説を記したものである。

なお、指針（案）については、これまで得られている知見を踏まえて策定したものであるが、今後、環境影響検討に係わる新たな知見が蓄積された時点で必要に応じて改定を行うものとしている。

平成7年2月
建設省河川局

目 次

はじめに

第1部 総論	1
1. 適用範囲	1
1.1 目 的	1
1.2 適用範囲	3
1.3 ヒートポンプの定義	4
2. 河川水熱エネルギー利用にあたっての基本方針	7
第2部 河川水熱エネルギー利用に係わる	
環境影響検討について	8
1. 河川環境調査	8
1.1 河川環境調査の目的	8
1.2 河川環境調査の内容	9
2. 影響検討	14
2.1 影響検討内容	14
2.2 河川流況変化及び水温変化予測手法	15
2.3 河川流況変化による影響検討	19
(1) 影響検討範囲	19
(2) 影響検討項目	19
2.4 河川水温変化による影響検討	20
(1) 影響検討範囲	20
(2) 影響検討項目	21
第3部 管理・運用に係わる留意事項	23
1. 管理計画の策定	23
2. 流量及び水温等の観測	24
3. 観測結果の報告、異常時の措置	25
4. その他	26
資料編	27

第1部 総 論

1. 適用範囲

1.1 目 的

本指針（案）は、環境との調和のもとに、ヒートポンプによる河川水熱エネルギーの適正な利用を促進するため、その利用を行おうとする者（以下、「事業者」と言う。）が河川水熱エネルギー利用による河川環境に与える影響を検討するための方法等について定めたものである。

（解説）

近年、地球環境にやさしいエネルギーに対する社会的要請の増大やヒートポンプ技術の進展等に伴い、地下鉄排熱、焼却炉排熱、河川水、下水処理水等の微弱な熱エネルギーを集積し、冷暖房用の熱源として有効利用しようとする気運が高まっている。

河川水は、膨大な水量を有しその賦存エネルギー量は極めて大きいこと、水温が比較的一定に保たれているため、熱源として安定していること等から新たな熱エネルギー源として注目されている。ヒートポンプによる河川水熱エネルギー利用は、環境負荷の少ないエネルギーであること等の理由から今後ますます普及することが予想されている。

本指針（案）は、ヒートポンプによる河川水熱エネルギーの適正な利用を促進するため、事業者が河川水熱エネルギー利用により河川環境に与える影響を検討するために必要な調査、影響検討及び管理・運用に関する留意事項等について定めたものである。

河川水熱エネルギー利用が河川環境へ与える影響検討の流れは図1－1に示す通りである。

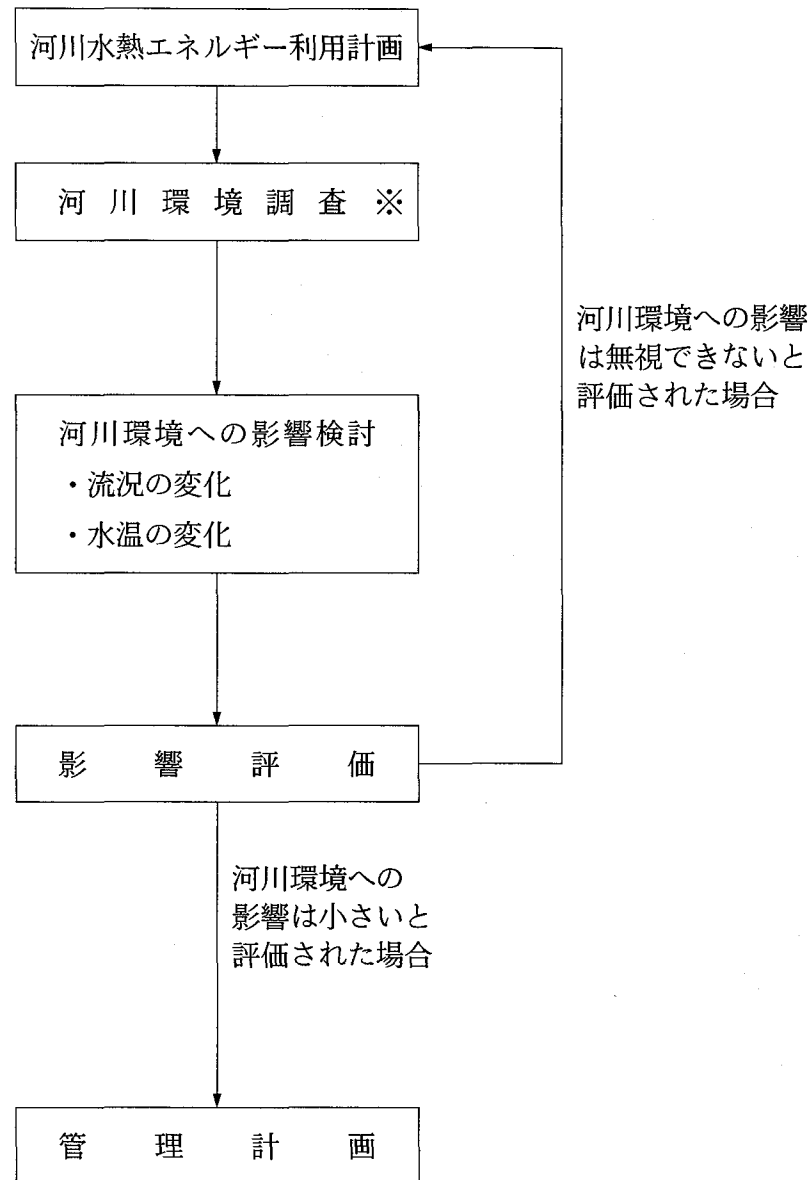


図1-1 河川水熱エネルギー利用が河川環境に与える影響検討の流れ
 ※河川環境への影響は無視できないと評価された場合、予測条件の再設定が必要となるため、関連する河川環境調査を再度行うものとする。

1.2 適用範囲

本指針（案）は、河川水を熱源とするヒートポンプを利用する場合について適用する。

（解説）

ヒートポンプの熱源としては、表1-1に示す種類がある。

なお、河川水等の水熱源のヒートポンプ施設実施事例を資料編に示す。

（資料編P 1～5 参照）

表1-1 ヒートポンプの熱源の種類

区 分	ヒ ー ト ポ ン プ の 熱 源
水 熱 源	・地下水 ・温排水 ・下水処理水 ・河川水 ・湖沼水（ダム湖を含む） ・海水等
空 気 熱 源	・外 気 ・地下鉄排熱 ・排 気（建物・工場等からの排熱）等
そ の 他	・地 熱 ・太陽熱等

1.3 ヒートポンプの定義

ヒートポンプとは、エネルギーの一つの形態である熱エネルギーに、少量のエネルギーを追加することにより、低温部の熱源から高温部の熱源に熱エネルギーを移送する熱移送機をいう。

(解説)

水を低い所から高い所へ汲み上げるには水ポンプが必要となる。同様に熱を低温部から高温部へ運ぶには「ヒートポンプ」が必要となる。ヒートポンプは、冷媒（資料編P 7～8 参照）を用いて低温部から熱を奪ってこれを高温部に運ぶ「熱を移送するポンプ」である。

ヒートポンプは「熱を移送するポンプ」であり、広い意味では冷凍機もヒートポンプであるが、一般には冷却だけを目的とするものを冷凍機、冷却・加熱の両方又は加熱のみを目的とするものをヒートポンプと呼んでいる。

ヒートポンプを用いた熱供給施設では冷却・加熱を同時あるいは交互に行い、得られた熱エネルギーを冷房（冷凍）、暖房（給湯）等を利用する。



図1-2 ヒートポンプの外観

(参考)

河川水を熱源とした冷房・暖房時のヒートポンプによる熱エネルギーのやり取りを以下に示す。

(1) 冷房時

①蒸発器：低温冷媒液は、12℃の冷水から7℃の熱を奪いながら蒸発し冷媒ガスとなる。冷水は5℃に低下して、この冷水が冷房に利用される。



②圧縮機：低温冷媒ガスは圧縮機で圧縮され、高温高压ガスとなる。



③凝縮器：高温高压冷媒ガスは熱を河川水に放出し、凝縮液となる。
この放出された熱によって28℃の河川水が33℃まで上昇して排出される。



④膨張弁：凝縮器内で液化した高压冷媒液は、ここで減圧・低温化される。
膨張弁を出た冷媒液は蒸発器に入り、再びサイクルを繰り返す。

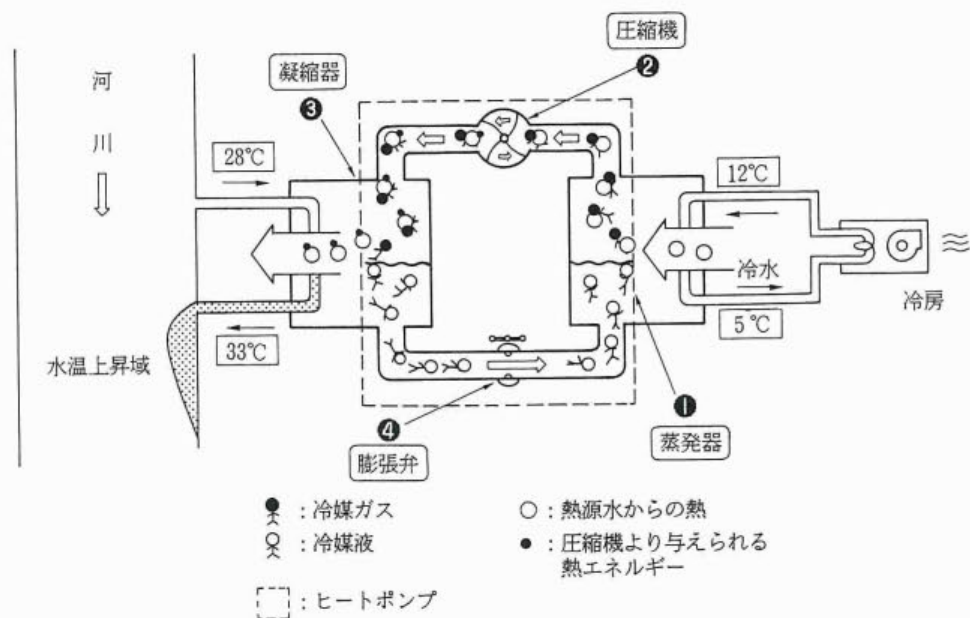


図1-3 ヒートポンプ作動原理と河川水温変化の例
(圧縮式ヒートポンプ、冷房時)

(2) 暖房時

①蒸発器：低温冷媒液は、10℃の河川水から3℃の熱を奪いながら蒸発し冷媒ガスとなる。河川水温は7℃に低下して排出される。



②圧縮機：低温冷媒ガスは圧縮機で圧縮され、高温高压ガスとなる。



③凝縮器：高温高压の冷媒ガスは熱を温水に放出し、凝縮した冷媒液となる。
この放出された熱によって40℃の温水を45℃まで上昇させ、この温水が暖房に利用される。



④膨脹弁：凝縮器内で液化した高压冷媒液は、ここで減圧・低温化される。
膨脹弁を出た冷媒液は蒸発器に入り、再びサイクルを繰り返す。

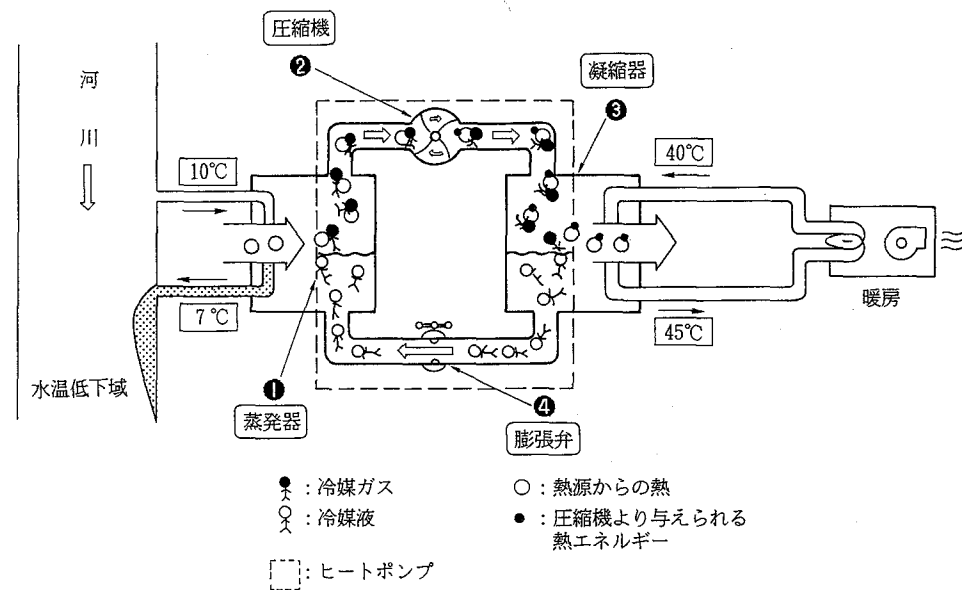


図1-4 ヒートポンプ作動原理と河川水温変化の例
(圧縮式ヒートポンプ、暖房時)

2. 河川水熱エネルギー利用にあたっての基本方針

河川水熱エネルギーの利用にあたっては、河川水熱エネルギー利用の妥当性が確認されるとともに、治水、利水及び生態系等の河川機能に著しい影響を与えないものでなければならない。

なお、河川水熱エネルギー利用にあたっては、関連法令等を遵守しなければならない。

(解説)

① 河川水熱エネルギー利用の妥当性の確認

河川水熱エネルギーは公共物であることに鑑み、その利用については公共性に配慮するとともに、他の熱源の利用と比較して環境負荷が少ないことが望まれる。

また、水系全体における賦存エネルギー量に配慮した河川水熱エネルギー利用を図る必要がある。

② 河川機能への影響を最小限とする

ヒートポンプの利用にあたっては、当該水域の特性を踏まえて、以下に示すように河川機能への影響を最小限とすること。

- ・取水施設及び導水管等が治水上安全な構造であること。
- ・流況変化により利水、水面利用に影響を及ぼさないこと。
- ・河川水温及び水質の変化により利水、水面利用に影響を及ぼさないこと。
- ・河川水温及び水質の変化により生態系に影響を及ぼさないこと。

③ 関連法令等を遵守する

河川水熱エネルギーの利用にあたって、遵守すべき法令等には主に以下のものがある。

- ・河川法
- ・環境基本法
- ・水質汚濁防止法
- ・熱供給事業法
- ・河川管理施設等構造令

第2部 河川水熱エネルギー利用に係わる 環境影響検討について

1. 河川環境調査

1.1 河川環境調査の目的

事業者は、河川水熱エネルギー利用による河川環境への影響を検討するために、事前に河川環境に係わる調査を実施しなければならない。

(解説)

河川水熱エネルギー利用が河川環境に与える影響を検討するため、河川水熱エネルギー利用に係わる水域の河川流況、河川形状、河川水質、水生生物及び河川周辺の利用状況等について事前に調査を実施し、基礎資料の収集を行わなければならない。

1.2 河川環境調査の内容

河川環境調査の内容は、河川水熱エネルギー利用に係わる水域の河川流況、河川形状、河川水質、水生生物、河川周辺の利用状況及び近傍の気象とする。

(解説)

河川水熱エネルギー利用による河川環境への影響を検討するため、当該水域に係わる河川流況、河川形状、河川水質、水生生物、河川周辺の利用状況及び近傍の気象の現状について調査する。また、調査項目は当該河川的环境特性を考慮して、必要に応じて追加するものとする。(P11～13参照)

調査は既存資料に基づきとりまとめを行う既存資料調査と現地調査に大別されるが、既存資料調査項目においても既存資料がない場合には現地にて補完調査を実施するものとする。

① 既存資料調査

<河川流況>

河川水熱エネルギー利用による当該水域の河川流況変化及び水温変化予測の予測条件として用いるために調査を行う。当該水域が非感潮域の場合には近傍の観測地点の日流量をとりまとめる。

<河川形状>

河川水熱エネルギー利用による当該水域の河川流況変化及び水温変化予測の予測条件として用いるために調査を行う。調査では河川改修等により河川形状に大幅な変化がないことを確認した上で最近の河川横断面図を収集・整理する。

<河川水質>

河川水熱エネルギー利用による当該水域の河川水温変化予測の予測条件及び水環境の現況把握のために調査を行う。

水温については、取・排水口近傍の観測地点の月平均値をとりまとめる。

BOD(COD)については、年平均値及び年間75%値をとりまとめる。

それ以外の項目については、年平均値をとりまとめる。

<水生生物>

河川水熱エネルギー利用が水生生物に与える影響の程度を検討する際の基礎情報とするために調査を行う。調査は、既存資料に基づき、当該水域及びその

周辺水域を対象として、生息種リストの作成、有用種及び貴重種等特別な配慮が必要な生物分布の有無等について確認する。

ここで、有用種とは、『魚介類、ゴカイ、ノリ等生計を目的とした漁獲の対象となっている種』とし、貴重種とは、『天然記念物等の国が保護の必要を定めた種、学術上貴重であるとされる種ならびに周辺地域の文化・生活と係わり合いの深い種』として整理した。

<河川周辺の利用状況>

河川水熱エネルギー利用による当該水域の河川流況変化及び水温変化が利水や親水活動に与える影響の程度を検討する際の基礎情報とするために調査を行う。調査は当該水域を対象に、他の河川水熱エネルギー利用計画の有無、利水状況、漁場、船舶の航行の有無等について行うものとする。

<気象>

河川水熱エネルギー利用による当該水域の河川水温変化予測計算の予測条件として用いるため、近傍の気象台等の既存資料に基づき気温、相対湿度等についてとりまとめる。

② 現地調査

<感潮域の河川流況>

河川水熱エネルギー利用による当該水域の河川流況変化及び水温変化予測の予測条件として用いるために調査を行う。感潮域においては、潮位により流向、流速等が変動するため現地調査を行う。

現地調査は取・排水地点の上・下流水域において1時間毎に水位、流向、流速、流量を25回測定する。なお、現地調査は冷房期、暖房期のそれぞれの時期に大潮、小潮の2回以上を行うものとする。

<水生生物>

既存資料調査において貴重種の分布が確認された場合は現地調査を実施する。

現地調査は当該水域及びその周辺水域を対象として、貴重種の生息状況等について詳細調査を行い整理するものとする。

(参 考)

表 2 - 1 (1) 河川環境調査方法（既存資料）

区 分	項 目	目 的	内 容	デ ー タ 整 理 等	既存データがない場合の対応
河川流況	水位、流量（日平均値）	取・排水による河川流況変化・水温変化予測計算の予測条件として用いる。	原則として過去10ヶ年以上の当該水域における流量データを用いて流況の収集・整理を行う。	各年の豊水・平水・低水・渇水流量及び各々の水位を整理する。	当該水域の上・下流地点あるいは近傍河川の比流量から豊・平・低・渇水流量を推計する。
河川形状	河川横断面形状	取・排水による河川流況変化・水温変化予測計算の予測条件として用いる。	改修、浚渫等により形状に大幅な変化がないことを確認した上で最新の河川横断面図を収集・整理する。	当該水域について横断面図を整理する。感潮域においては潮位との関係が分かるようにA、P及びT、P表示も付記する。	取・排水口地点の上・下流水域を対象に現地調査を行う。 調査方法は河川砂防技術基準（案）調査編による。
河川水質	水温（月平均値）	取・排水による河川水温変化予測計算の予測条件として用いる。	原則として過去10ヶ年以上の当該水域近傍地点の既存資料を収集・整理する。	各月別に最小、最大値及び平均値を取りまとめる。	取・排水口地点で、1年間月1回現地調査を行う。 調査方法は河川砂防技術基準（案）調査編による。
	水素イオン濃度（pH） 溶存酸素（DO） 電気伝導度 生物化学的酸素要求量（BOD） 化学的酸素要求量（COD） 浮遊物質（SS） 塩化物イオン （年平均値）	水環境の現況把握の基礎資料として用いる。	原則として過去10ヶ年以上の当該水域近傍地点の既存資料を収集・整理する。	BOD（COD）については年平均値及び年間75％値を、それ以外の項目については年平均値をとりまとめる。	pH、DO、BOD（COD）、SSについては、取・排水口地点で各季節毎に測定を実施する。また、取・排水口地点が感潮域の場合には、電気伝導度及び塩化イオンについても同様に現地調査を実施する。 調査方法は河川砂防技術基準（案）調査編による。
水生生物	水生植物（水草、プランクトン、付着生物） 水生動物（魚類、底生動物）	取・排水が水生生物に与える影響の程度の検討等に用いる。	当該水域及びその周辺水域を対象として、有用種及び貴重種等特別の配慮が必要な種類の確認とその他生態系全般について既存資料を収集・整理する。	当該水域の生息種リストの作成、有用種及び貴重種等特別の配慮が必要な種類の有無の判定、生活環と適水温との関係について取りまとめる。	当該水域及びその周辺水域を対象として、各季節毎に現地調査を実施する。 調査方法は河川砂防技術基準（案）調査編による。
河川周辺の 利用状況	他の河川水熱利用事業及び計画	取・排水による河川流況変化・水温変化予測計算の予測条件として用いる。	当該地域の熱供給計画等により把握する。	他の河川水熱利用計画等における取・排水口地点の位置、水温、流量等を整理する。	
	取・排水流入状況	取・排水による河川流況変化・水温変化予測計算の予測条件として用いる。	流入位置、流量（日間、月間及び年間変動等）について既存資料よりまとめる。	一覧表及び位置図を作成する。	
	既存利水状況	取・排水が既存利水に与える影響の程度を検討するために用いる。	農業用水、工業用水、上水道等の取水位置、取水量及び時期について取りまとめる。	一覧表及び位置図を作成する。	
	河川利用状況	取・排水が漁業権、船舶航行及び親水活動に与える影響の程度を検討するために用いる。	漁業権（種類、地区、魚種、捕獲時期、捕獲量など）船舶航行状況（航行経路、運行日数、航行船舶の種類など）及び地方自治体等の河川敷利用計画を既存資料で取りまとめる。	一覧表及び位置図を作成する。	
気 温	気 象 相 対 湿 度 雲量、風速 （月平均値）	取・排水による河川水温変化予測計算の予測条件として用いる。	近傍の気象台等の観測資料により、原則として過去10ヶ年以上のデータの収集・整理を行う。	各項目の月別の最小・最大値及び平均値を一覧表に整理する。	

注）取・排水とは、河川水熱エネルギー利用における取・排水を示す。

表 2 - 1 (2) 河川環境調査調査方法（現地調査）

区 分	項 目	目 的	方 法	データ整理等
感 潮 域 の 河 川 流 況 (毎正時の値)	水 流 流 流 位 向 速 量	取・排水による河川流況変化・水温変化予測計算の設定条件として用いる。	取・排水口地点の上・下流域において1 時間毎に25回測定を行う。測定は冷房期と暖房期のそれぞれの時期に大潮・小潮の2 回以上を行う。調査方法は河川砂防技術基準（案）調査編による。	観測結果は、測定時刻毎に水位、流向、流速、流量を一覧表に整理し、流量が最小・最大値及び平均値を示す場合の各項目の値を整理する。また、日間変動を図示する。
水 生 生 物	水 生 植 物 (水草、プランクトン、付着生物) 水 生 動 物 (魚類、底生動物)	取・排水による河川流況変化・水温変化が、貴重種に与える影響を評価するための資料に用いる。	当該水域及びその周辺水域を対象として調査を実施する。調査方法は河川砂防技術基準（案）調査編による。	生息状況等の詳細調査を行い、整理する。

2. 影響検討

2.1 影響検討内容

事業者は、河川水熱エネルギー利用による流況変化と水温変化が当該水域の河川環境に与える影響を検討しなければならない。また、検討に際しては河川流況変化及び水温変化の予測を行わなければならない。

（解説）

ヒートポンプによる河川水熱エネルギー利用が河川環境に与える影響は、冷媒管理等適正な運転管理がなされていることを前提とすれば、取・排水による「流況変化（水位、流量、流向及び流速）」及び「水温変化」によってもたされる。

そこで、影響検討に際して、河川水熱エネルギー利用による流況変化及び水温変化の予測を行うものとする。

2.2 河川流況変化及び水温変化予測手法

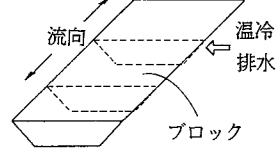
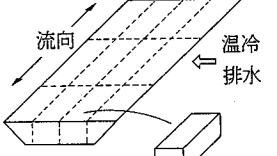
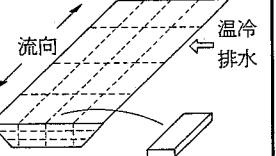
河川流況変化及び水温変化予測手法については、原則として数理モデルによるシミュレーション解析による。

（解説）

① 河川流況変化及び水温変化予測手法

河川水熱エネルギー利用による河川流況変化及び水温変化予測手法は、原則として数理モデルによるシミュレーション解析によるものとし、放流方式及び対象河川の流況特性等に十分配慮してモデルを選択するものとする。各種モデルの概要を表2-2に示す。

表2-2 各種数理モデルの概要

	完全混合モデル	平面二次元モデル	三次元モデル
ブロック分割			
適用可能な水域等	・河川流量規模及び河川形状規模が小さい等の理由により、排水が速やかに混合し流況及び水温の縦横断変化が小さいと予想される河川の悲感潮域	・河川の非感潮域及び感潮域	・河川の非感潮域及び感潮域
取り扱える事象	・限定された水域について適用可能。	・いずれの水域についても適用は可能であるが流況及び水温の鉛直分布を取り扱うことはできない。 ・流況及び水温の横断方向、流下方向の変化を取り扱うことが可能である。	・いずれの水域についても適用可能、流況及び水温の横断方向、流下方向及び鉛直方向の分布を取り扱うことができる。 ・鉛直方向の分割数を減らすことによって計算時間の短縮が可能であるがブロック分割数によっては演算時間が長くなるため計算対象期間が限定される可能性がある。

② 河川流況変化及び水温変化予測における設定条件の考え方
 河川流況変化及び水温変化の予測計算に係わる設定条件の考え方は、表2-3に示す通りとする。

表2-3 河川流況変化及び水温変化予測における設定条件の考え方

項 目	設 定 条 件 の 考 え 方
予測対象区間	・非感潮域においては、主に取・排水口の下流水域とする。 ・感潮域においては潮汐の影響により河川の流向が変化するので、取・排水口の上流水域も対象に加えるものとする。 ・予測対象区間の範囲は、取・排水量、取・排水温度差、放流先河川の流況及び形状、放流先河川の利水状況等を考慮して、各河川ごとに適切な範囲を設定するものとする。
予測対象流量	・非感潮域においては、原則として10年間第1位の渇水流量を用いるものとする。 ・感潮域においては、大潮及び小潮日の現地調査結果を用いるものとする。
予 測 時 の 現 況 水 温	・既存資料から冷房期（夏季）と暖房期（冬季）の月平均水温を求め、それぞれの現況水温とする。 ・既存資料がない場合等においては、実測値より設定する。
他の河川水熱 エネルギー利 用の取扱い	・当該事業よりも先発の河川水熱エネルギー利用施設及び利用計画が既にある場合には、これらの事業を取り入れて予測計算を行うものとする。

なお、比較的汎用性が高いと考えられる平面二次元モデルによる河川流況変化及び水温変化予測の手順、予測条件の設定方法、モデルの基本式等については資料編（資料編P9～19参照）に示す。

③ 予測結果とりまとめ

<河川流況変化予測結果とりまとめ>

河川流況変化予測結果は、原則として図2-1に示すようなベクトル図にとりまとめる。流速ベクトルの表示は、取・排水による流速の変化が表現できるものとする。

図2-1は河川の非感潮域の場合の流速ベクトル表示例であるが、感潮域の場合には順流時、逆流時の各々について流速ベクトル図を作成する。

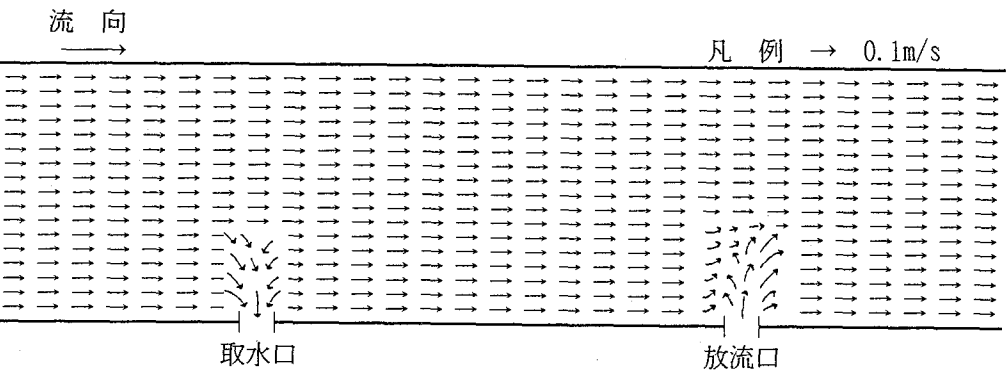


図2-1 取・排水口及び当該河川の流速ベクトル分布例（順流）

<河川水温変化予測結果とりまとめ>

水温変化予測計算結果は、原則として、1℃ピッチの上昇温度別に拡散分布図にとりまとめる。

河川の非感潮域におけるヒートポンプ排水の拡散は、流下する流れによって放流口より下流側へ運ばれ、拡散分布を形成する。

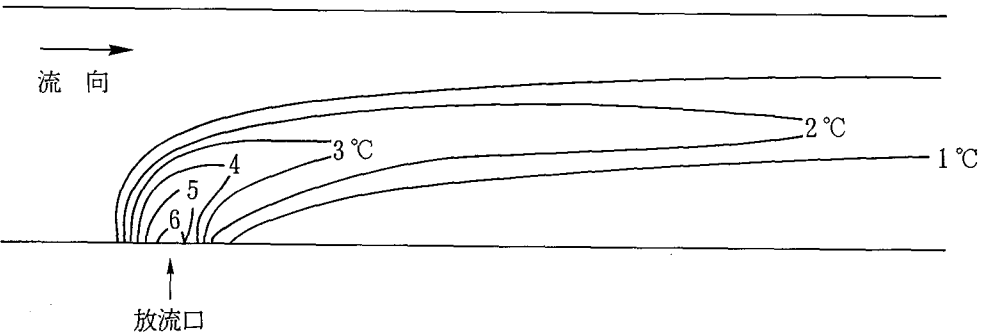


図2-2 非感潮域における上昇温度の分布例

感潮域におけるヒートポンプ排水の拡散は、上げ潮時には溯上する流れによって放流口から上流側に運ばれ、また、下げ潮時には流下する流れによって放流口から下流側へ運ばれ拡散分布を形成する。この上・下流に移動する排水の

温度拡散分布を大潮時と小潮時の潮汐状態下で解析し、これらの包絡範囲、いわゆる移動範囲を図2-3に示す。

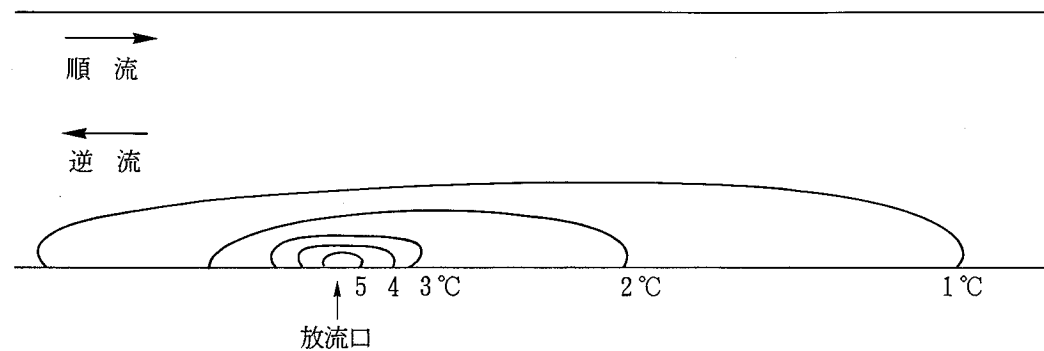


図2-3 感潮域における上昇温度の分布例（包絡図）

2.3 河川流況変化による影響検討

(1) 影響検討範囲

河川水熱エネルギー利用に伴う河川流況変化による影響の検討範囲は、河川流況変化予測結果に基づき、河川環境への影響が予想される水域とする。

（解説）

河川水熱エネルギー利用に伴う河川流況変化による影響の検討範囲は、河川流況変化予測結果に基づき設定するものとする。

なお、貴重種及び有用種の分布等に応じて、適宜検討範囲を設定するものとする。

(2) 影響検討項目

河川流況変化による影響検討項目は、利水、船舶等の航行、水生生物等とする。

（解説）

① 利水

河川水熱エネルギー利用における取水により、減水区間が発生し、利水に対して影響を及ぼすことが考えられる場合に検討を行う。

② 船舶等の航行

河川水熱エネルギー利用における取・排水による水位、流向及び流速の変化が、河川を航行する船舶等に影響を及ぼすことが考えられる場合に検討を行う。

③ 水生生物

河川水熱エネルギー利用における取・排水による水位、流向及び流速の変化が、河川に生息する魚類等の遊泳等に及ぼす影響が考えられる場合に検討を行う。

④ その他

河川水熱エネルギー利用における取・排水による水位、流向及び流速の変化が親水利用に影響を及ぼすことが考えられる場合に検討を行う。

2.4 河川水温変化による影響検討

(1) 影響検討範囲

河川水熱エネルギー利用に伴う河川水温変化による影響の検討範囲は、温・冷排水による河川水温の上昇または低下が原則として3℃以上の区域とする。

なお、有用種及び貴重種が生息する水域においては、必要に応じ、上記以外の区域についても検討する。

(解説)

河川水温変化予測計算結果において、河川水温の上昇または低下が3℃以上となる区域について、生息する生物等への影響の有無や大小の検討を行う。

温・冷排水による水温変化が、原則として当該地点の現状水温±3℃未満の範囲に納まる場合には、一般に、生物に対する影響は少ないと考えられる。

この±3℃未満というのは、一般的に、自然状態での河川水温の日間変動及び長期的な経年変動の月平均値の平均と月平均値の最大値もしくは最小値に納まる範囲内であり、長時間の変化でも生物に及ぼす影響が小さい範囲という観点より設定したものである。(資料編P21～33参照)

(2) 影響検討項目

河川水温変化による影響の検討項目は、水生生物、利水等とする。

(解説)

河川水熱エネルギー利用においては、冷房時に温排水、また、暖房時及び給湯時に冷排水を河川に放流するため河川水温を一層加熱または冷却する。河川水温の変化は、河川に生息する生物の分布や活性などに影響を及ぼすこともあり、最も重要な検討項目である。さらに、河川水温の変化は、溶存酸素(DO)濃度の変化を伴ない、水中の微生物の活性にも影響を及ぼし、河川の浄化作用に影響することも考えられる。

① 水生生物

河川水熱エネルギー利用による温・冷排水に起因する水温変化が、河川水中のプランクトン、底生動物、魚類、水草等の水生生物に影響を及ぼすことが考えられる場合に検討を行う。

有用種や貴重種が生息する水域については、当該生物の生態情報(水温変化許容幅及び許容最高・最低水温)から、必要に応じ、影響検討を行うものとする。また、魚类等生物の成育段階によって、水温変化が生物に与える影響の程度には違いがあるため、各河川の対象水域に生息する魚類の生活環(産卵期、遡上期等)を調査して、その影響を季別に検討する必要がある場合がある。

(資料編P35～36参照)

温・冷排水の放流先が停滞水域である等の理由により、植物プランクトンの異常増殖が予測される場合には、別途詳細な検討を要する。

② 利水

河川水熱エネルギー利用による温・冷排水に起因する河川水温変化やそれに伴う水質変化が利水に対して影響を及ぼすことが考えられる場合に検討を行う。

③ その他

河川水熱エネルギー利用による温・冷排水に起因する河川水温変化が、親水活動に影響を及ぼすことが考えられる場合に検討を行う。

(参考)

<水温の上限値について>

一般に生物の至適水温には通常5～10℃の幅があり、この範囲内における一時的な変化では生物への影響はほとんど無いものと考えられる。各生物群の至適水温は群集や種類によって異なるが、一般に藻類は概ね30℃以下の範囲、水生昆虫は20～25℃、魚類は30℃以下であることが多い。しかし、上限水温が30℃を超える場合には、生物の生理・成長阻害の可能性が完全に排除できないことから、水温の影響により水温が30℃を超えないことが望ましい。

<水温変化に伴う溶存酸素濃度の変化について>

溶存酸素(DO)は生物の生息に必要なものであり、水温変化に伴うDO変化が、生態系へ及ぼす影響に留意する必要がある。

DOの飽和濃度は水温及び溶解塩類濃度等によって変化し、水温及び溶解塩類濃度が高くなるほど飽和濃度は減少する。感潮域においても潮位を限定すれば溶解塩類濃度はほぼ一定であり、水温変化に伴うDO変化の予測は可能である。概略のDO変化は純水中での飽和溶存酸素量の変化率と比例すると仮定して、下式により推定される。しかし、DOは藻類等の微生物による光合成や呼吸によっても変化するため、藻類の多い水域については注意が必要である。

$$\frac{\text{水温変化後のDO (mg/ℓ)}}{\text{DO (mg/ℓ)}} = \text{現状DO (mg/ℓ)} \times \frac{\text{水温変化後の飽和DO (mg/ℓ)}}{\text{現状水温における飽和DO (mg/ℓ)}}$$

水温変化が±3℃未満であれば、DOの変化は1気圧純水中でおよそ0.5 mg/ℓ程度であり、現状でDOが低い場合を除けば生物等への影響の可能性は小さいと予想され、影響検討は必要ないものと考えられる。ただし、河川水温変化予測計算において、水温の上昇または低下が3℃以上となる水域が広域に渡る場合、植物プランクトンの密度が高く、光合成・呼吸等によりDOの日間変動が明らかな場合等、DOが大幅に変動することが予想される場合には、DO濃度変化及び水生生物等への影響の検討を行うものとする。

第3部 管理・運用に係わる留意事項

1. 管理計画の策定

事業者は、河川水熱エネルギー利用を適正に管理・運用するために、管理計画を策定し、適切な管理を行わなければならない。

(解説)

事業者は、河川水熱エネルギー利用を適切に管理・運用するために、管理計画を策定する。

管理計画は、「流量及び水温等の観測」、「観測値の報告、異常時の措置」等について定めるものとする。

2. 流量及び水温等の観測

事業者は、管理計画に基づき、管理地点において原則として取・排水流量及び取・排水温度の測定を行う。

(解説)

事業者は、河川水熱エネルギー利用にあたっては、水利使用許可時の取・排水流量及び取・排水温度差を守らなければならない。

管理地点は、ヒートポンプの全ての取水口及び排水口地点とする。事業者は、管理地点において流量及び水温の毎時観測を行い、また、必要に応じて溶存酸素(DO)についても適宜測定する。

なお、河川水熱エネルギー利用による河川流況変化及び水温変化が予測された水域については、河川環境への影響に留意し、必要に応じてモニタリング調査を行うことが望ましい。

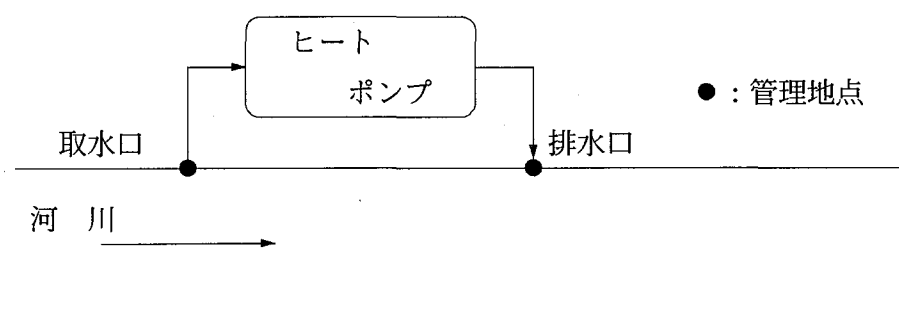


図3-1 管理地点模式図

3. 観測結果の報告、異常時の措置

事業者は、管理計画に基づき、取・排水流量及び取・排水温度等の観測結果を整理するとともに河川管理者に定期的に報告しなければならない。

また、河川における異常発生時においては、河川管理者に報告しなければならない。

(解説)

① 観測結果の整理

観測結果は、以下に示すとおり整理するものとする。

- ・管理地点の取・排水流量については、日最小、日最大及び日平均値を整理する。
- ・管理地点の水温等については、取水、排水別の日最小、日最大及び日平均値を整理するとともに、取・排水水温差の最大値と検出日時を整理する。

② 観測結果の報告

事業者は、水利使用許可時に定められた通り、取・排水流量及び取・排水温度等の観測結果を河川管理者に報告しなければならない。

③ 異常発生時の措置について

事業者は、魚の浮上の事故等が発生した場合には、取・排水を停止するとともに、河川管理者に報告しなければならない。

4. その他

事業者は、施設において使用される冷媒、その他による水質事故を起こさないように万全を期すとともに、施設から発生するゴミについて適切な処理を行わなければならない。

(解説)

① 水質汚濁防止について

現在、国内のヒートポンプ冷媒の主流はフロンである。しかし、フロンがオゾン層破壊を引起す物質であることが判明し、オゾン層への影響が小さい第2世代フロン、あるいはフロン以前に冷媒の主流であったアンモニアへの転換が検討されている。また、アメリカでは既にアンモニア主流に転換されており、我国においても将来的にはアンモニアを冷媒として使用することが充分予想される。アンモニア等を冷媒とした場合の冷媒の漏れによる水質汚濁や水質事故が発生しないように取扱いに注意する必要がある。

② スクリーン等から発生するゴミの処理について

河川水等を熱源としたヒートポンプ施設においては、河川水等取水装置前にゴミの吸い込みを防ぐためにバースクリーンが設置され、また取水後ではヒートポンプ装置本体の流入前にストレーナー等のゴミ除去装置が設置されるのが一般的である。事業者は、これらの装置によって除去されたゴミを責任をもって水域外に処分するものとする。

③ その他

アユの遡上河川であるなどの理由により、魚類等の迷入防止対策が必要な場合には適切な処置を講じるものとする。

資 料 編

1. ヒートポンプによる地域冷暖房事例	資 1
2. フロンとその規制等について	資 7
3. 平面二次元モデル	資 9
4. 河川水温変化許容幅の妥当性について	資 21
5. 魚類の生態情報	資 35

1. ヒートポンプによる地域冷暖房事例

表－１(１) ヒートポンプによる地域冷暖房事例（その１）

H 6 . 11 . 1 現在

事業者名	地 区 名 (面積：ha)	需要の種類		プラント能力 (Gcal/h)	原・燃料	供給開始年月 (予定)	備 考
		住宅用	業務用				
(株)札幌エネルギー供給公社	札幌駅北口再開発 (20.0)	—	オフィスビル ロードヒーティング	加熱 18.9 冷却 9.3	都市ガス 電 気 地下鉄廃熱	H元.4	ボイラー 冷凍機 熱交換機 と併用
東北電力(株)	仙台泉中央	—	商業施設 オフィスビル等	加熱 6.9 冷却 11.8	電 気	H4.7	冷凍機蓄熱槽と併用
千葉ニュータウン熱供給(株)	千葉ニュータウン 都 心	—	オフィスビル	加熱 29.4 冷却 51.4	都市ガス 電 気	H5.11	ボイラー 冷凍機 熱交換機 蓄熱槽と併用
千葉熱供給(株)	千葉間屋町	—	オフィスビル ホテル等	加熱 8.7 冷却 6.2	都市ガス 電 気	H5.10	ボイラー 冷凍機と併用
東京臨海熱供給(株)	東京臨海副都心	—	公共施設 学 校 オフィスビル	加熱 121.6 冷却 124.6	都市ガス 電 気 ゴミ焼却廃熱	(H7.10)	ボイラー 冷凍機と併用
新宿南エネルギーサービス(株)	新宿南口西	—	商業施設 業務施設等	加熱 7.1 冷却 7.1	都市ガス 電 気 地下鉄廃熱	(H7.10)	蒸気ボイラー 冷凍機と併用
東京地域冷暖房(株)	西新宿6丁目西部	住 宅	オフィスビル	加熱 6.6 冷却 6.4	電 気	H6.11	蓄熱槽と併用
東京熱供給(株)	光ヶ丘団地 (184.7)	集合住宅	学 校 商業施設等	加熱 54.7 冷却 11.5	都市ガス 電 気 ゴミ焼却廃熱 地中送電廃熱	S58.4	ボイラー 蓄熱槽と併用
	竹 芝 (8.5)	—	オフィスビル ホテル 商業施設	加熱 7.3 冷却 5.1	都市ガス 電 気	H3.10	ボイラー 冷凍機 蓄熱槽と併用
	国際フォーラム	—	オフィスビル 商業施設等	加熱 23.9 冷却 21.6	都市ガス 電 気 コージェネレーション 排熱	(H8.4)	ボイラー 冷凍機 熱交換機 蓄熱槽と併用

表－１(２) ヒートポンプによる地域冷暖房事例（その２）

事業者名	地 区 名 (面積：ha)	需要の種類		プラント能力 (Gcal/h)	原・燃料	供給開始年月 (予定)	備 考
		住宅用	業務用				
東京下水道エネルギー(株)	後楽1丁目	—	オフィスビル ホテル 文化施設	加熱 25.6 冷却 21.5	電 気 下水道未処理廃熱	H6.7	蓄熱槽と併用
東京熱エネルギー(株)	日比谷 (5.3)	—	オフィスビル 劇 場	加熱 9.9 冷却 13.2	電 気 変電所廃熱	S62.10	冷凍機蓄熱槽と併用
東電不動産管理(株)	銀座2.3丁目 (2.6)	—	オフィスビル アパート等	加熱 5.5 冷却 9.6	電 気 変電所廃熱	S59.4	冷凍機蓄熱槽と併用
	芝浦4丁目 (19.6)	—	オフィスビル等	加熱 7.2 冷却 9.4	電 気 変圧器廃熱	S62.6	冷凍機蓄熱槽と併用
	新 川 (6.2)	—	オフィスビル	加熱 8.9 冷却 13.0	電 気 変電所廃熱	S63.4	冷凍機蓄熱槽と併用
	銀座5・6丁目 (7.4)	—	オフィスビル 地下鉄駅舎	加熱 5.3 冷却 4.6	電 気	S62.8	ボイラー 蓄熱槽と併用
	神田駿河台 (10)	—	オフィスビル 地下鉄駅舎	加熱 7.9 冷却 12.6	電 気 変電所廃熱	S63.4	冷凍機蓄熱槽と併用
	横須賀汐入駅前	—	商業施設 ホテル	加熱 6.3 冷却 8.8	都市ガス 電 気	H5.11	ボイラー と併用
	八王子旭町	住 宅	オフィスビル	加熱 5.4 冷却 7.6	電 気	H6.8	
	厚木テレコムタウン	—	商業施設 オフィスビル 通信センター	加熱 5.0 冷却 6.8	電 気	(H7.6)	
	幕張新都心 パイク・ビジネス (48.9)	—	オフィスビル等	加熱 21.1 冷却 16.6	電 気 下水処理廃熱	H2.4	ボイラー 冷凍機蓄熱槽と併用
東京電力(株)	箱 崎 (22.7)	—	オフィスビル等	加熱 6.9 冷却 9.7	電 気 河川水熱	H元.4	蓄熱槽と併用
	宇都宮市中央 (10.7)	—	商業施設 公共施設等	加熱 13.8 冷却 5.9	電 気 変電所廃熱	H3.2	冷凍機蓄熱槽と併用

表-1(3) ヒートポンプによる地域冷暖房事例(その3)

事業者名	地区名 (面積: ha)	需要の種類		プラント能力 (Gcal/h)	原・燃料	供給開始 年月 (予定)	備 考
		住宅用	業務用				
東京電力(株)	高崎市中央 (18.1)	—	オフィスビル 公共施設 商業施設等	加熱 8.1 冷却 6.7	電 気 地下水熱	H5.12	蓄熱槽と 併用
府中熱供給(株)	府中日鋼町 (18.2)	—	オフィスビル 電算機センター	加熱 9.0 冷却 16.9	都市ガス 電 気	H4.4	冷凍機蓄 熱槽 冷温水機 と併用
東京オペラ シティ熱供給(株)	初台・淀橋	—	オフィスビル ホール 商業施設	加熱 26.8 冷却 26.6	都市ガス 電 気	(H7.4)	ボイラー 冷凍機と 併用
ケイエスピー 熱供給(株)	かながわサイ エンスパーク (5.5)	—	オフィスビル等	加熱 13.6 冷却 15.1	都市ガス 電 気	H元.8	ボイラー 冷凍機 熱交換機 蓄熱槽 冷温水機 と併用
港北ニュー タウン熱供給(株)	港北ニュータウン ・センター南	—	商業施設 業務施設 病 院	加熱 11.8 冷却 6.5	都市ガス 電 気	(H7.4)	ボイラー 冷凍機と 併用
	港北ニュータウン ・センター北	—	商業施設 オフィスビル	加熱 9.2 冷却 12.5	都市ガス 電 気	(H8.4)	冷温水機 と併用
浜松熱供給(株)	浜松アクトシティ	—	オフィスビル 文化施設	加熱 16.5 冷却 19.1	都市ガス 電 気	H6.10	ボイラー 冷凍機と 併用
中電工事(株)	名古屋栄4 丁目 (1.4)	—	オフィスビル 商業施設 等	加熱 6.6 冷却 9.1	都市ガス 電 気	H元.11	ボイラー 冷凍機蓄 熱槽と併 用
(株)関西都市 センター	中之島6丁 目西 (2.0)	—	オフィスビル	加熱 5.2 冷却 8.3	電 気	H4.11	冷凍機蓄 熱槽と併 用
	大阪本庄東 (2.5)	—	オフィスビル	加熱 5.1 冷却 9.2	電 気	H4.1	冷凍機蓄 熱槽と併 用
関西電力(株)	神戸リサーチ パーク鹿の子台	—	オフィスビル	加熱 6.6 冷却 31.6	電 気	H6.11	冷凍機と 併用

表-1(4) ヒートポンプによる地域冷暖房事例(その4)

事業者名	地区名 (面積: ha)	需要の種類		プラント能力 (Gcal/h)	原・燃料	供給開始 年月 (予定)	備 考
		住宅用	業務用				
(株)りんくう エネルギー センター	りんくうタ ウン	—	オフィスビル 病院等	加熱 25.8 冷却 16.8	都市ガス 電 気	(H7.1)	ボイラー 冷凍機と 併用
コスモスク エア熱供給 (株)	大阪南港コス モスクエア	—	オフィスビル ホテル等	加熱 49.5 冷却 53.6	都市ガス 電 気	H6.4	ボイラー 冷凍機と 併用
オー・エー ・ピー熱供給(株)	天満橋1丁 目	住 宅	ホテル オフィスビル	加熱 23.1 冷却 23.6	都市ガス 電気・河川 水 コージェネ 排熱	(H8.1)	ボイラー 冷凍機 蓄熱槽と 併用
西部ガス冷 温熱(株)	千 代 (6.6)	—	オフィスビル 供給施設 等	加熱 10.6 冷却 8.2	都市ガス コージェネ 廃熱	S63.4	ボイラー 冷凍機 熱交換機 蓄熱槽 冷温水機 と併用
(株)福岡エネ ルギーサー ビス	シーサイドも もち	—	オフィスビル 病院等	加熱 17.3 冷却 16.6	都市ガス 電 気	H5.4	蓄熱槽冷 温水機と 併用
北陸アーバ ン(株)	富山駅北	—	オフィスビル 公共施設 病 院	加熱 5.0 冷却 6.0	電 気 河川水	(H8.5)	冷水槽 温水槽 冷温水槽 と併用

注) 社団法人 日本熱供給事業協会資料より作成

2. フロンとその規制等について

<フロンとその規制等について>

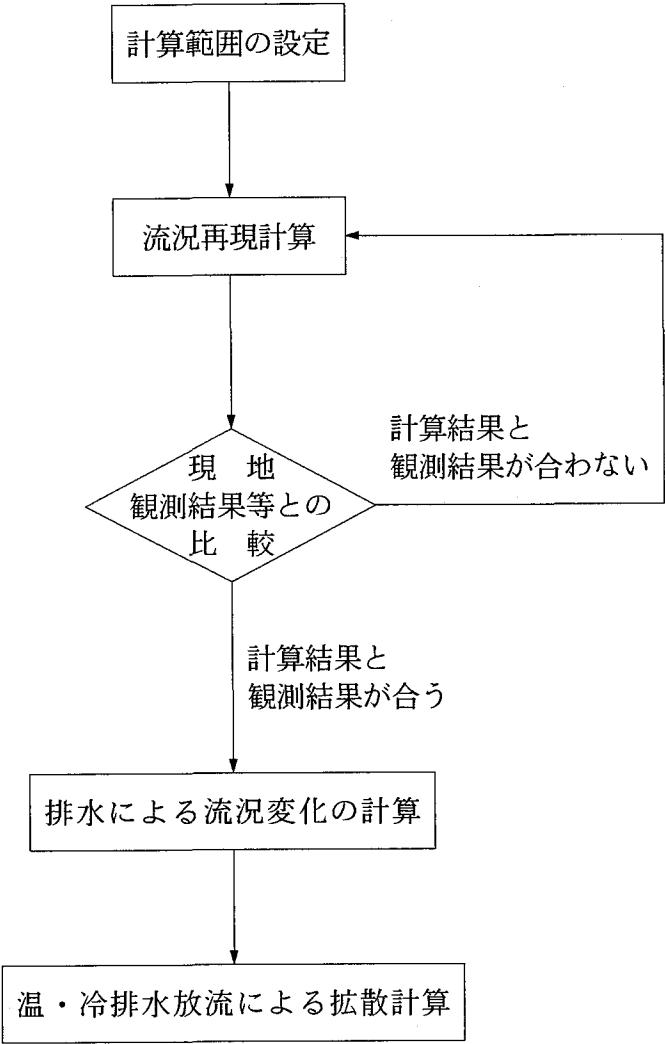
フロンは、日本国内では広くフロンと呼ばれているが国際的にはCFC（クロロフルオロカーボン）と称されている物質群で炭素と塩素、フッ素から構成されている一連の化合物である。フロンは成層圏のオゾン層破壊を引き起こす物質の一つとして知られ、モントリオール議定書に基づき、フロンの生産規制が予定されている。炭素数と塩素、フッ素の数により多数の種類があるが、その内でも最も生産、消費が多いのがモントリオール議定書では附属書AグループI物質と呼ばれ、議定書の国内実施法であるオゾン層保護法では特定フロンと呼ばれている5種類のCFC（CFC11、CFC12、CFC113、CFC114、CFC115）である。この内、ヒートポンプの冷媒として多く使用されているのはCFC11及びCFC12の2種類である。

上記2種類のフロンの代替物質としてはCFC11の代わりにHCFC123（ハイドロクロロフルオロカーボン）、CFC12の代わりにHFC134a（ハイドロフルオロカーボン）が当面考えられており、これらはフロン第2世代と呼ばれている。なお、HCFC123はオゾン層破壊の影響が特定フロンに比べて1/50程度と小さいもののまったくゼロではないため西暦2030年までに生産の全廃規制がモントリオール議定書において追加されている。また、フロン以外の冷媒としては、フロン以前に冷媒の主流であったアンモニアの利用が検討されている。なお、アメリカでは既にアンモニア主流に転換されていると言われている。

3. 平面二次元モデル

- a) 河川流況変化及び水温変化予測手順
- b) 予測条件の設定方法
- c) 必要水量の算定
- d) 大気と水面間の熱交換係数について
- e) 平面二次元モデル基本式
- f) 予測条件の設定事例

a) 河川流況変化及び水温変化予測手順



図－1 河川流況変化及び水温変化予測手順

b) 予測条件の設定方法

平面二次元モデルによる流況変化・水温変化予測時の予測条件は原則的に表－2 に示すように設定するものとする。

表－2 予測条件の設定方法

項 目		内 容	単 位	設 定 方 法 等
排 水 条 件		1)排水量	m ³ /s	冷・暖房時の計画日最大値
		2)取・排水温度差	℃	冷・暖房時の計画日最大値
		3)排水流速	m/s	排水口形状・断面積などより設定。
河川流況条件	非感潮域	1)流速	m/s	10年1位濁水流量から設定。
	感 潮 域	2)周期流	m/s	周期流については、大潮時・小潮時の実測値より設定する。
気 象 条 件 等		1)水温	℃	既存資料から冷房期・暖房期の月平均を設定する。
		2)気温	℃	
		3)相対湿度	—	なお、既存資料がない場合等においては実測値より設定する。
		4)雲量	—	
		5)風速	m/s	気象条件は実測値ないしは気象台データから設定。
		6)熱交換係数	cal/cm ² ・s・℃	熱交換係数は気象条件等より設定する。 通常10 ⁻³ cal/cm ² ・s・℃のレベル
拡 散 条 件		1)水深	m	水深は実測値に基づき設定。
		2)温水又は冷水の鉛直分布形	—	他事例に基づき設定する。 (一様形と考える)
		3)拡散係数	m ² /s	拡散係数は、過去の事例等を勘案して上・下流方向及び横断方向について設定。 通常10 ⁻¹ ～10 ⁻² m ² /sのレベル
計 算 領 域 メ ッ シ ュ 分 割		メッシュ分割		現地河川の水理状況等によるが、計算領域のメッシュ分割は5～20m程度

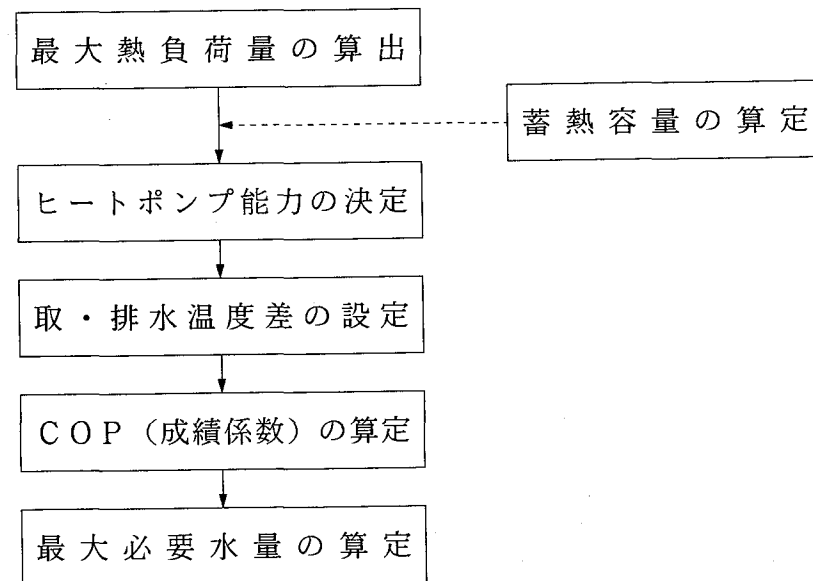
c) 必要水量の算定

河川水熱エネルギー利用における流況変化及び河川水温変化により環境に与える影響を検討するために、河川水熱エネルギーにおける最大熱負荷量に基づき最大必要水量（河川水の期別最大取水量）の算出を行わなければならない。

（解説）

① 最大必要水量の算出手順

最大必要水量の算出手順は図－2の通りである。



図－2 最大必要水量の算出手順

② 最大熱負荷量の算出

夏期・冬期別に時間当たり最大熱負荷は次式により求められる。

$$\text{最大熱負荷 (Mcal/h)} = \frac{\text{延床面積 (m}^2\text{)} \times \text{単位負荷 (kcal/h/m}^2\text{)}}{1,000}$$

③ 蓄熱容量の算定

蓄熱槽によるピークカットを行う場合は、蓄熱容量の算定を行う。

$$\begin{aligned} \text{蓄熱容量 (Mcal/日)} &= \text{蓄熱槽容量 (m}^3\text{)} \times \text{冷(温)水利用温度 (}^\circ\text{C)} \\ &\quad \times \text{蓄熱槽利用効率} \\ \text{蓄熱によるピークカット (Mcal/h)} &= \text{蓄熱容量 (Mcal/日)} \div \text{昼間供給時間} \end{aligned}$$

なお、蓄熱槽利用効率は箱崎地区地域冷暖房の例では0.8を用いている。

④ ヒートポンプ能力の決定

ヒートポンプ能力は、USRT単位に換算して決定する。

$$\text{ヒートポンプ能力(USRT)} = \frac{\text{最大熱負荷量(Mcal/h)} - \text{蓄熱によるピークカット(Mcal/h)}}{3,024}$$

ここで、1USRT=3,024 (Mcal/h)

USRT：アメリカ制冷凍トン、
0℃の水を24時間で0℃の水にするために水から
取り除かれる熱量

⑤ 取・排水温度差の設定

取水する河川水温と排水水温との温度差は、ヒートポンプの性能（凝縮温度、蒸発温度）などによって異なる。一般には、3～7℃程度である。

⑥ COP（成績係数）の算定

COPは投入エネルギーに対する回収エネルギーの比率で定まる成績係数で下式より算定する。COP値は一般に2.5～5程度が期待される。

$$\text{COP} = \frac{\text{ヒートポンプの暖房あるいは冷房能力 (kcal/h)}}{\text{消費電力量 (kwh)} \times 860 \text{ (kcal/kwh)}}$$

⑦ 最大必要水量の算定

ヒートポンプに使用される河川水の期別最大使用水量は、下式により算出する。

$$\text{最大使用水量} \frac{(\text{m}^3/\text{s})}{(\text{kcal}/\text{h})} = \frac{\text{ヒートポンプ能力}}{(\text{kcal}/\text{h})} \times \frac{1}{\text{水温差 } (\Delta t \text{ } ^\circ\text{C})} \times \left(1 \pm \frac{1}{\text{COP}}\right) \times \frac{1}{3,600}$$

ここで、「±」は冷房時には「+」、暖房時には「-」を用いる。

d) 大気と水面間の熱交換係数について

熱拡散方程式の中の大気と水面間の熱交換係数は、以下のとおり求められる。
水面からの冷却または加熱項は、次表に示す関係に基づいている。

水を暖める過程	水を冷やす過程
1. 太陽・天空からの輻射エネルギー (Q_s)	1. 水面からの逆輻射 (Q_b)
2. 大気からの顕熱の対流 (Q_h)	2. 顕熱の大気への対流 (Q_h)
3. 凝結 (Q_c)	3. 蒸発 (Q_c)
4. 発電所からの熱量の付加	4. 海低を通じての伝熱

これらの熱収支関係から自然状態における表面層の熱損失に対する方程式は線形結合され、次のようになる。

$$Q = Q_s - Q_b + Q_h + Q_c = Q_0 - Q_1 \cdot T_w$$

ここで、 Q_0 : 水温に無関係な熱収支項

Q_1 : 熱交換係数

T_w : 水温 ($^\circ\text{C}$)

熱交換係数は、次式で表される。

$$Q_1 = a + b \cdot W$$

ここで、 a , b : 水温 (T_w ($^\circ\text{C}$)) 及び水温と気温 (T_a ($^\circ\text{C}$)) の差に関係する係数

W : 風速 (m/s)

係数 a 及び b は、平均的な気象条件下 (相対湿度 80%、雲量 0.6) に対して計算したモノグラフとして次頁の図で与えられる。

なお、 Q_0 は、 Q_1 が決まると、 $Q = 0$ の時の平衡水温との積で求められる。

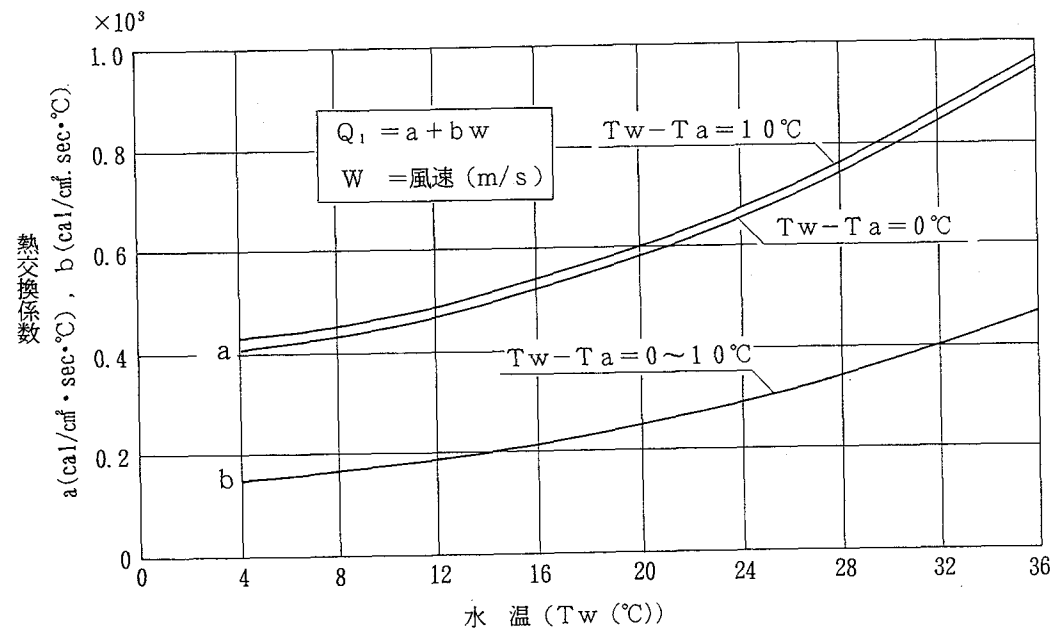


図-3 熱交換係数の算定図

e) 平面二次元モデル基本式

① 流況変化予測

[運動方程式]

$$\frac{\partial M}{\partial t} + U \frac{\partial M}{\partial x} + V \frac{\partial M}{\partial y} = -g(S+H) \frac{\partial S}{\partial x} + A_h \nabla^2 M$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + U \frac{\partial N}{\partial x} + V \frac{\partial N}{\partial y} = -g(S+H) \frac{\partial S}{\partial y} + A_h \nabla^2 N$$

[連続方程式]

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

記号

t : 時間

x, y : それぞれ上・下流方向、横断方向

M, N : それぞれ x, y 方向の線流量

U, V : それぞれ x, y 方向の流速

g : 重力の加速度

S : 水位

H : 水深

A_h : 水平渦動粘性係数

∇^2 : 微分演算子 ($\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$)

② 水温変化予測

[熱拡散方程式]

$$\frac{\partial T}{\partial t} + U \frac{\partial T}{\partial x} + V \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{(Q_0 - Q_1 T)}{C \rho (S + H_w)}$$

記 号

T : 水温

K x, K y : それぞれ x・y 方向、拡散係数

Q₀ : 水温に無関係な熱収支項

Q₁ : 熱交換係数

C : 比熱

ρ : 密度

その他の記号は前項と同じ

f) 予測条件の設定事例

表-3 予測条件の設定事例

項 目	内 容	箱 崎 地 区 (東京)		三菱金属跡地 (大阪)		
熱供給施設 諸 元 等	熱 給 面 積 (ha)	22.7		約6.7		
	取 排 水 河 川	隅田川 (感潮域)		旧淀川 (大川・非感潮域)		
	日 最 大 取 水 量 (m ³ /s)	1.59 (全体計画)		0.22 (暖房期)		
		0.64 (現況値)		0.33 (冷房期)		
稼 働 状 況	一 一	部分共用		計画中		
区 分	温排水	冷排水	設定根拠等	温排水	冷排水	設定根拠等
	1)排水 量 (m ³ /s)	1.52	0.92	計画日最大値	0.33	計画日最大値 (夏季)
	2)取排水温度差 (°C)	5	-3	計画値	5	計画値
排 水 条 件	3)排水流速 (m/s)	約0.7	約0.3	計画値	-	-
	1)恒 流 (m/s)	0.035	0.035	近傍地点の実測値	-	-
		最大0.75 最大0.19	最大0.75 最大0.19	近傍地点の実測値	-	-
河 川 流 条 件	2)周期流 (m/s)	大潮 小潮 周期	最大0.75 最大0.19 12時間	近傍地点の実測値	-	記載なし 記載なし 記載なし 但し、河川流量は40と60m ³ /sの2ヶ年を設定している。
	1)水 温 (°C)	24.3	9.9	過去2ヶ年の4月及び9月の月平均値	28.1	6.1
	2)気 温 (°C)	24.9	6.2	当該地区の過去30年間の月の平均値から設定 (気象庁資料)	28.5 67	5.8 61
気 象 条 件 等	3)相対湿度 (%)	76	55		6.4	6.3
	4)雲 量	7.5	5.1		3.4	3.6
	5)風 速 (m/s)	3.0	3.3		1.923	-
	6)熱交換係数 (×10 ⁻³ cal/cm ² ・s・°C)	1.58	-	1)～5)の気象データより算出。冷排水時は設定せず	2	2
拡 散 条 件	1)排水厚 (m)	2	3	類似河川の実測結果等を勘案して設定	一様形	一様形
	2)温水又は冷水の鉛直分布形	一様形	一様形		0.5	0.5
	3)拡散係数 (m ² /s)	0.5	0.5	類似河川の実測結果等を勘案して設定	0.1	0.1
計 算 領 域 メッシュ分割	メッシュ分割 (m)	5	5		1	1
	その他	10	10		1	1

4. 河川水温変化許容幅の妥当性について

＜河川水温変化許容幅の妥当性について＞

次頁以降に全国各地の代表的な河川（一級河川）における河川水温の日間変動及び年間変動（昭和54年～平成5年の15ヶ年）について図-5～6に示した。

ヒートポンプによる河川水熱エネルギー利用に起因する河川水温変化の許容幅 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 以内というのは、一般的に自然状態での日間変動幅及び年間変動幅に納まる範囲内であり、長時間の変化でも生物に及ぼす影響が小さい範囲という観点より設定したものである。

河川水熱エネルギー利用に起因する河川水温変化は、給湯・暖房時（冬季）における水温低下と冷房時（夏季）における水温上昇に分類される。

魚類等の生息生物の生態・生理情報から勘案すると、夏季の水温上昇の方が生物に与える影響が大きいものと推定されることから、夏季における水温の日間変動に着眼し、全国の一級河川水温をとりまとめた。図－5に示した日間変動データは、平成4年及び5年の夏季（8月）について各日の日間変動データの内、24時間全てのデータが揃っていることを前提とし、日間格差の大きいものから順に抽出してその中で概ね気温の日間変動に追従した変動を示している日のデータである。水温の日間変動図に示すように、その変動幅は概ね3℃である。また、年間変動では過去15ヶ年における各年の月平均値の平均値と、過去15ヶ年の月平均値の最大値もしくは最小値の温度差を図－6に示した。図－6に示すように、月平均値と月平均値の最大もしくは最小値の温度差は概ね3℃である。

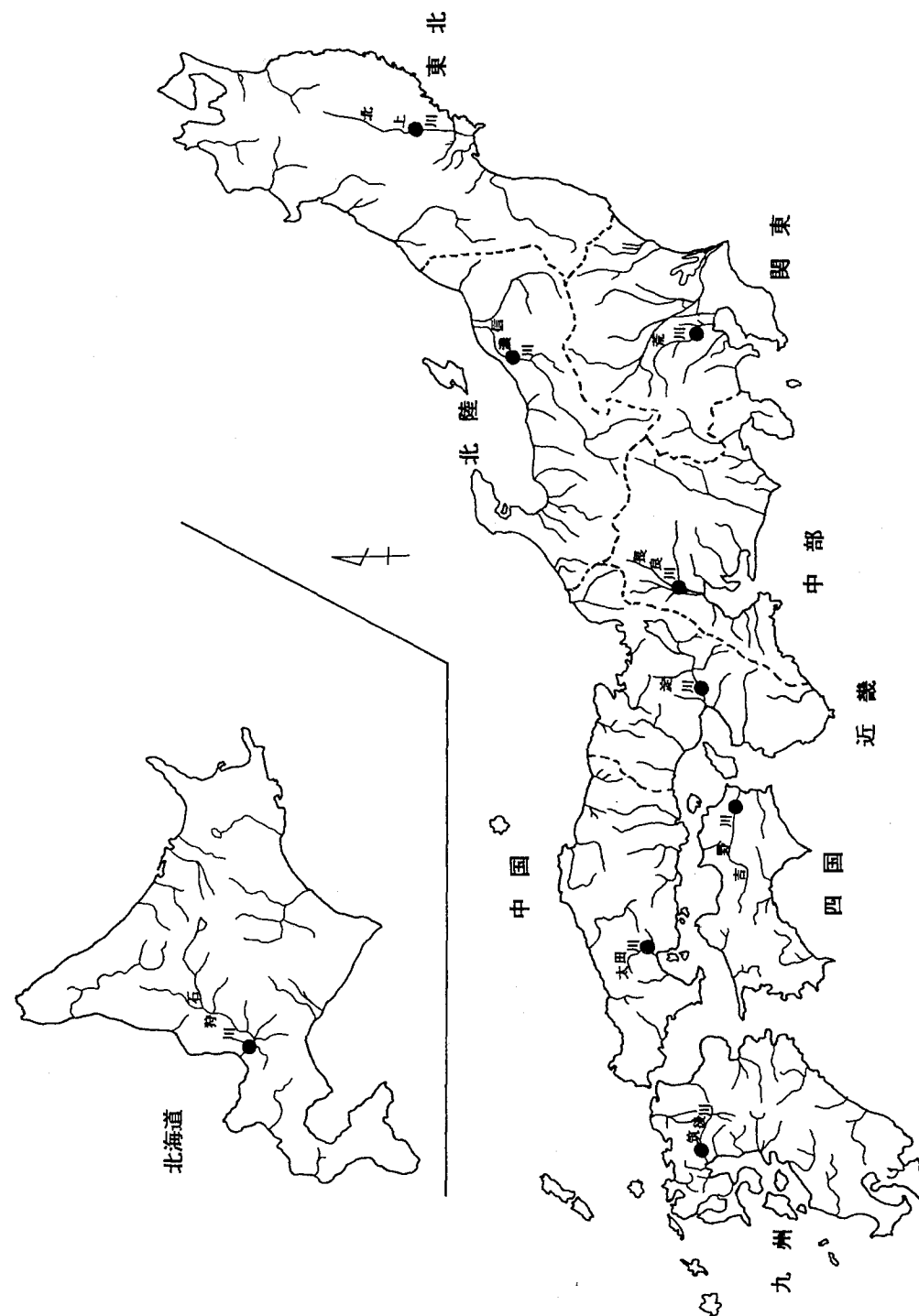
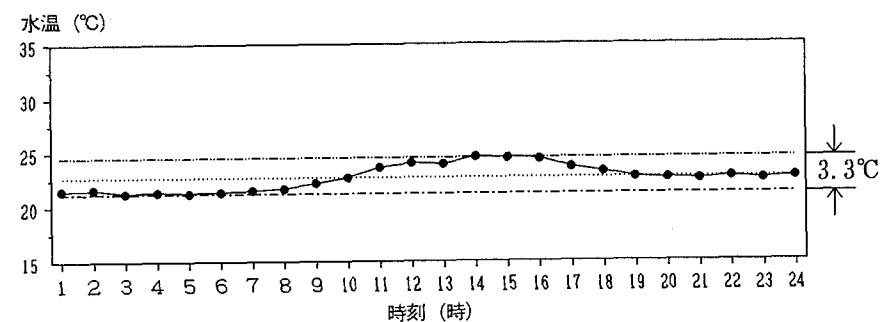
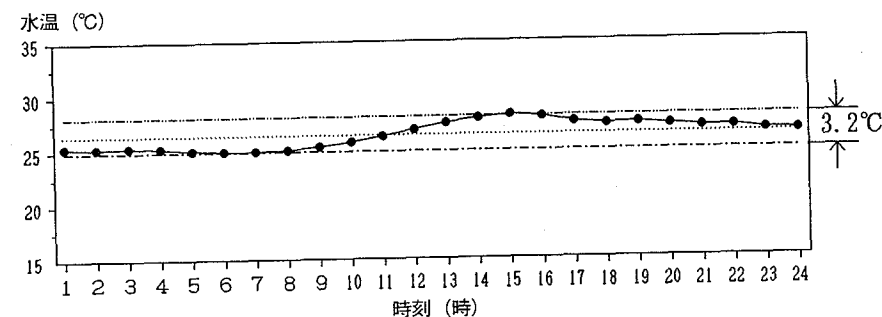


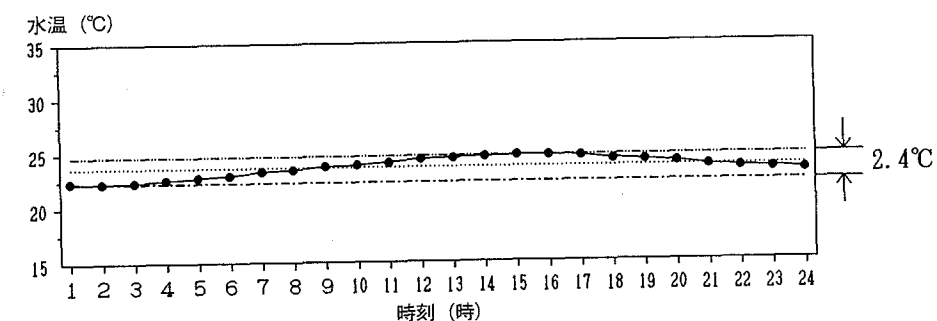
図-4 河川水温の観測位置



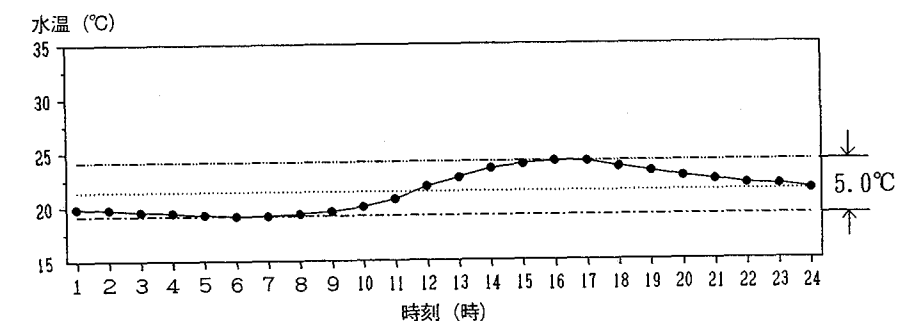
北海道
石狩川
(石狩大橋)
H5. 8. 26



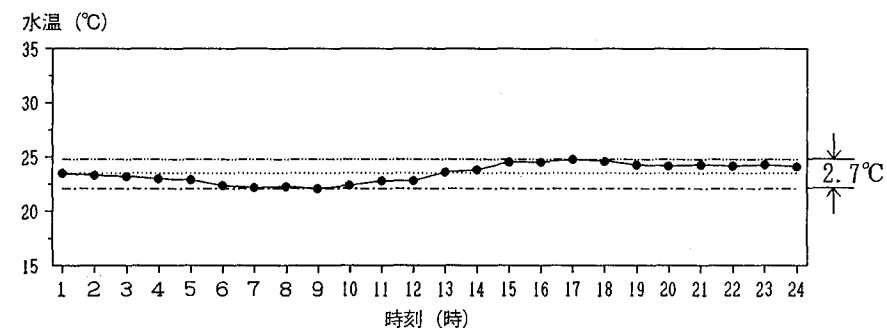
東北
北上川
(狐禅寺)
H4. 8. 8



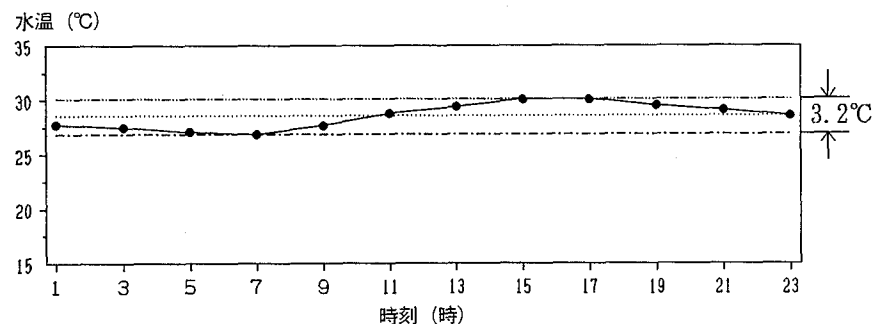
関東
荒川
(笹目橋)
H5. 8. 12



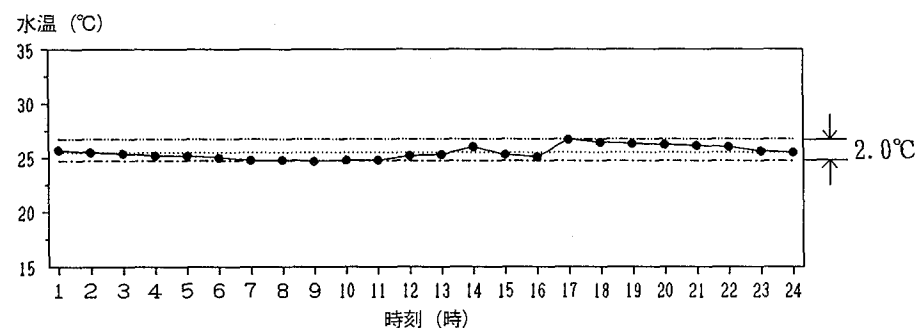
北陸
信濃川
(長生橋)
H5. 8. 2



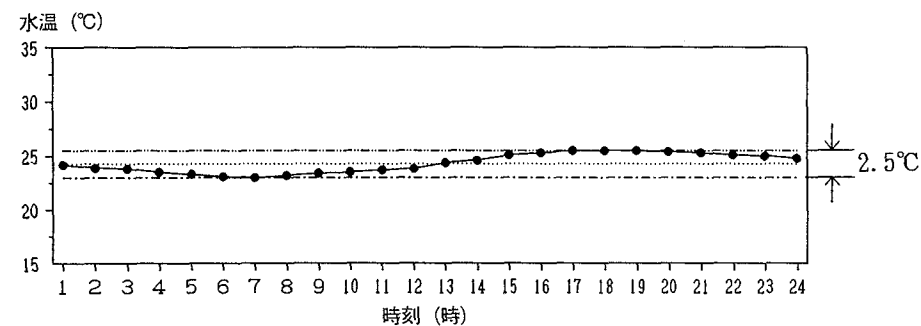
中部
長良川
(南濃大橋)
H4. 8. 28



近畿
淀川
(牧方大橋・左岸)
H4. 8. 29



中国
太田川
(玖村)
H4. 8. 2



四国
吉野川
(高瀬橋)
H5. 8. 31

図-5(1) 河川水温の日間変動 (夏季・8月) その1

図-5(2) 河川水温の日間変動 (夏季・8月) その2

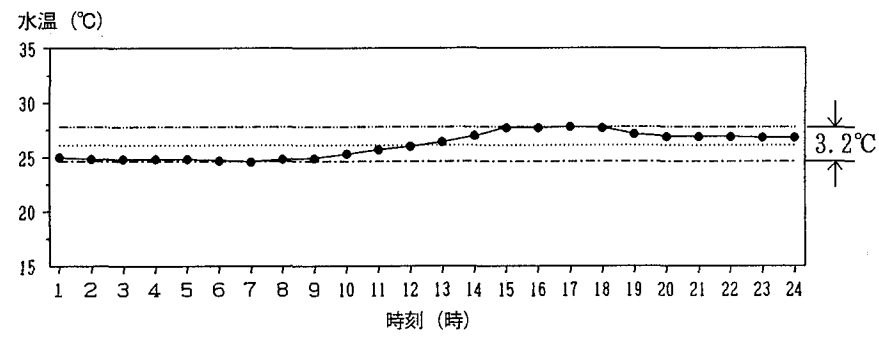
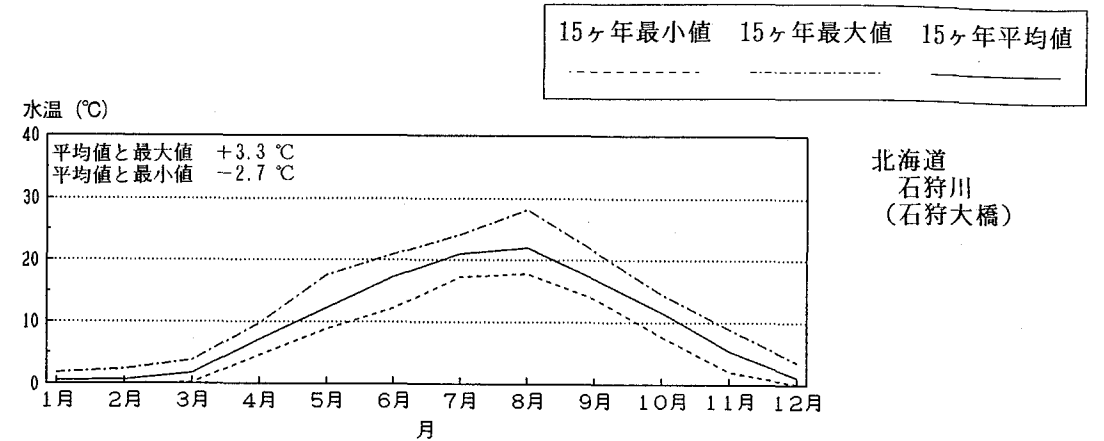
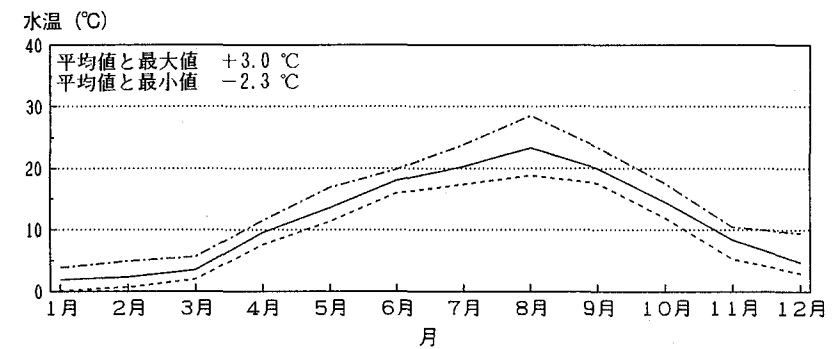


図-5(3) 河川水温の日間変動(夏季・8月) その3

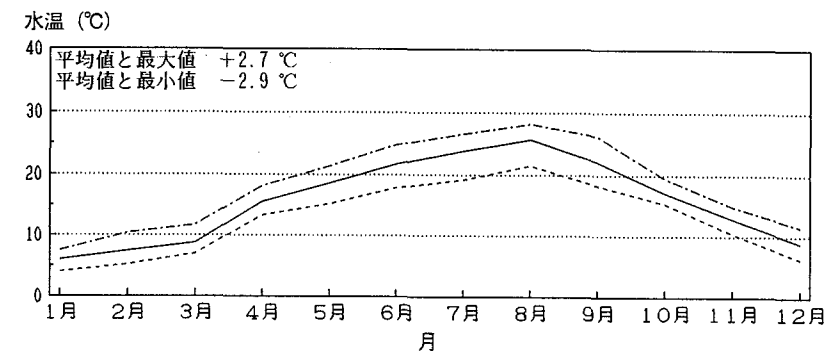
九州
筑後川
(瀬ノ下)
H4.8.11



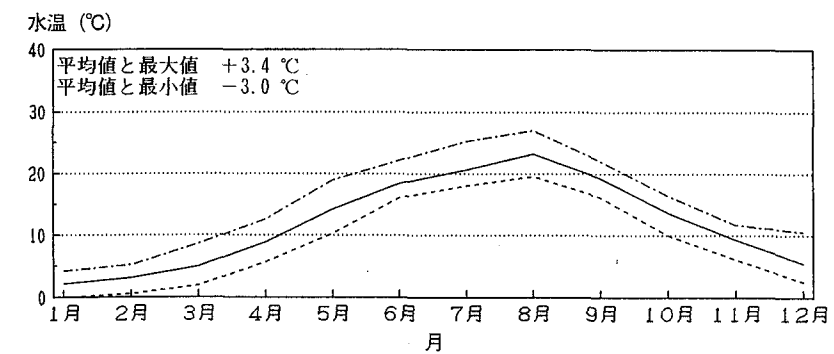
北海道
石狩川
(石狩大橋)



東北
北上川
(狐禅寺)



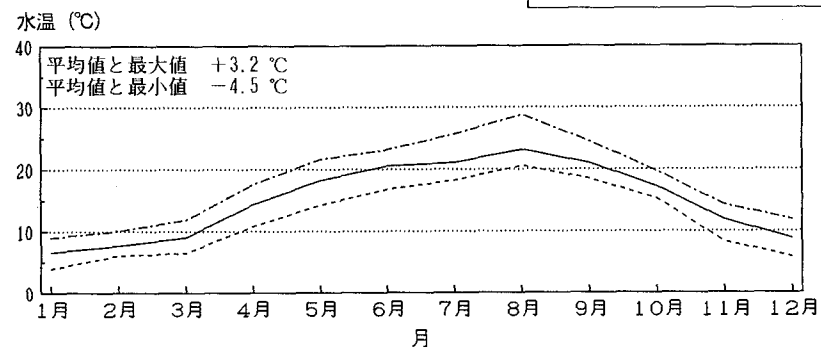
関東
荒川
(笹目橋)



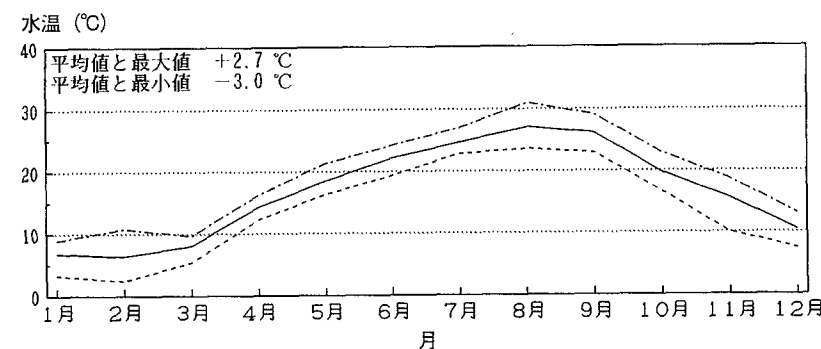
北陸
信濃川
(長生橋)

図-6(1) 河川水温の年間変動(昭和54年~平成5年) その1

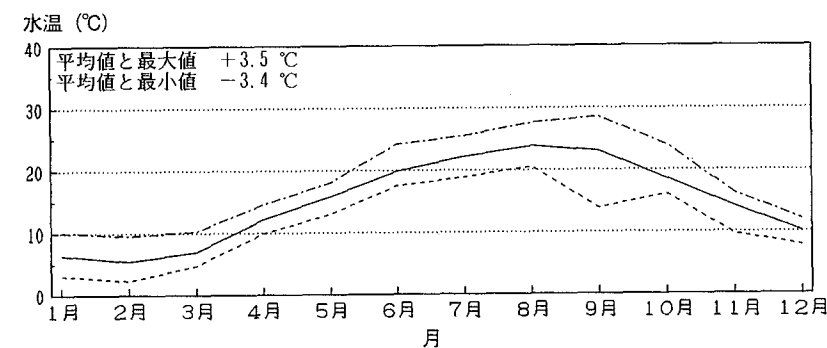
15ヶ年最小値 15ヶ年最大値 15ヶ年平均値



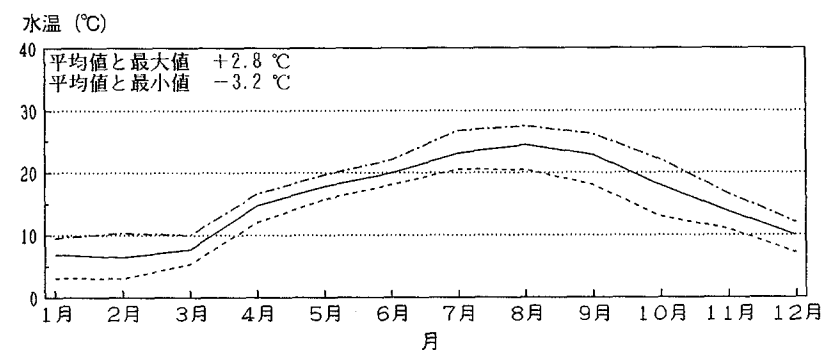
中部
長良川
(南濃大橋)



近畿
淀川
(牧方大橋・流心)

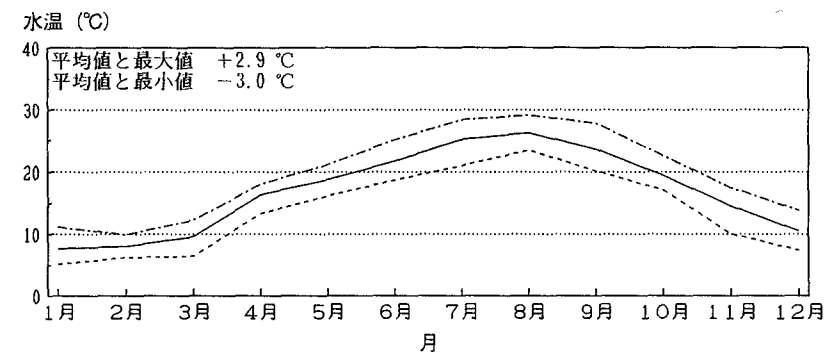


中国
太田川
(玖村)



四国
吉野川
(高瀬橋)

15ヶ年最小値 15ヶ年最大値 15ヶ年平均値



九州
筑後川
(瀬ノ下)

図-6(3) 河川水温の年間変動 (昭和54年~平成5年) その3

図-6(2) 河川水温の年間変動 (昭和54年~平成5年) その2

＜海外における温・冷排水規制の事例＞

○温排水

海外における温排水規制として、ヨーロッパ大陸など海岸線に恵まれない国においては、内陸立地型の発電所が多く建設されており、さらに、ライン川のような国際河川に冷却水を依存するスイス・ドイツなどでは、温排水の影響は自国内だけの問題にとどまらない場合があるのが特徴である。

海外における温排水規制の内容をまとめて表－４に示す。

昇温限界の欄に示した水温には、取水と排水の温度差の限界について規制している場合と、温排水混合終了後あるいは流入後の河川水温の昇温限界について規制している場合の２種類がある。

取・排水温度差による規制があることが明らかな事例における昇温限界は、7～15℃と比較的基準に幅があるのに対して、温排水の河川水との混合終了後あるいは流入後の河川温度の昇温による規制では、いずれも昇温限界3℃程度とほぼ一致している点が興味深い。また、上限水温についても規制の対象とする場所・条件にかかわらず、ほぼ30℃となっている。

○冷排水

冷排水についてはスイス連邦において1982年に「水と大地からの熱利用」と題する指針が策定されている。指針によれば、河川水熱利用における冷却による影響について、ほぼ、渇水に相当する流量が0.3 m³/s以上の排水路では、これが河川水と完全に混合されたあとで冷却最大限度が3℃以下でかつ河川水温が1℃以下にならないこととしている。また、この3℃という限界値は、長年にわたる自然の水温変動平均値が2～4℃であり、また今日では大部分の大河川が特に冷却混合によって既に熱的にかなり汚染されていることに考慮した値であるとされている。

表－４(1) 海外における温排水規制の内容一覧表（その１）

地 域	域	昇 温 限 度	上 限 水 温	備 考	そ の 他 の 条 件
ニュージーランド	パプンニューギニア州 (1978)	2.5℃			外洋、河口域の生物に対する影響を最小限にする。排出は53.8m³/sec以下
カリフォルニア州 (沿岸域) (1978)	設 新				生物的に重要な水域を含む有用水域を保護するため必要な規制に従う。
メリーランド州 (1978)	魚類の繁殖地 水生生物の生息地	11.1℃ 汀線、海底、排水口から305m以遠の表層では2.2℃			鉛直方向に拡散させるため排水口の汀線から充分に離れた開放水域に設ける。生物的に重要な水域を保護するため、そのような水域から充分に離して放出する。
ニュージーランド	沿岸域で ①自然水温 10℃以上 ②自然水温 10℃未満	11℃ 5.6℃			
ニュージーランド	沿岸域 排水口から半径 約90m以遠の水 域	3℃			
	河 口 域		32.2℃ (表層水温)		

表-4(2) 海外における温排水規制の内容一覧表 (その2)

地	域	昇 温 限 度	上 限 水 温	備 考	その他の条件
ニューヨーク (1978)	河口域で河川断面の50%以上の水域、又はあらゆる潮汐の移送距離の1/3 以上の水域	2.2℃ 7～9月で環境水温が20.3℃以上の時は1.5℃	28.3℃		
ミネソタ州 (1978)	①環境水温7.2℃以下 ②環境水温7.2℃以上	10℃	いかなる場合でも温度計のセンサーのところでは32.2℃	放水運河の下流端で連続的にモニタリングしなければならない。	
		2.8℃			
カナダ (1981)	ナダ		30℃	卵・稚子の死亡量が小さければより高い水温も許容される。(素案)	
イギリス (1984)	河川域		30℃ CEGBでは30～32℃を採用するが最近30℃に統一しようとする動きがある。放出点で30℃が一般的	イングリッシュ・ウェールズでは、「1973年水管理法」及び「1974年公害防止法」により規制される。スコットランド及び北アイルランドでは統一的法規はなく地域の状況、水質等により設定される。CEGBでは設計ΔTを約10℃としており、このレベルでは障害はないという見解をとっている。	
西ドイツ (1978)	河川、湖、河口、海域	復水器による上昇10℃ 混合終了後 3℃	水域温度 28℃ 排水温度 30℃	河川への排水温度は30℃以下に規制されている。	

表-4(3) 海外における温排水規制の内容一覧表 (その3)

地	域	昇 温 限 度	上 限 水 温	備 考	その他の条件
フランス (1978)	河川、湖、河口、海域		排水温度 30℃	原発では、1年の一定期間に生息する水生生物の条件が良好ならば30℃を超える水温も許容される。1953年の通達で、推奨値として排水温度30℃以下を掲げているので一般にこの値が採用されている。	海水使用の場合には、排水温度25℃以上の時は最大排出量を10ℓ/sとする。排水口から貝類生息地、海水浴場までの最小距離を1kmとする。
オランダ (1978)	河川、湖水使用のonce-Through方式	復水器による上昇 夏季 7℃ 冬季 10℃	排水温度 30℃		
		復水器による上昇10℃ 混合終了後 3℃			
イタリア (1978)	河川	放流点の上下流の河川断面の平均水温で3℃	下流側の横断面の平均水温で30℃		
	湖	放流点から50km以上離れた水域で 3℃	排水温度 30℃		
	河口、海	放流点から1km以上離れた水域で 3℃	排水温度 35℃		
旧ソ連邦 (1961)	公共用水域	汚水の流入により夏期水温が同時の公共用水域の最高水温に比べて3℃以上上昇してはならない。			

5. 魚 類 の 生 態 情 報

表－5 生態情報まとめ表

魚 類	期 別	地 点 区 分 (河川名)	月											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ア ヨ	遡上期	全 国			*1・2									
		び わ 湖			*2									
	産卵期	全 国								*1・2				
		東 日 本									*2			
		西 日 本										*2		
	降下期	全 国								*2				
サ ケ	遡上期	全 国	*2								*2			
		北 海 道 南 部									*2			
		東 北										*2		
	産卵期	全 国	*1								*1			
		根 室									*4			
		新 潟	*4									*4		
	降下期	全 国			*2									
コ イ	産卵期	全 国				*1								
		関 東 以 西				*2								
		北海道(網走川)							*2					
フ ナ	産卵期	全 国				*1								
ウグイ	遡上期	全 国							*1					
	産卵期	全 国		*1										
		関 東(利根川)					*2							
		北海道(千歳川)							*2					
		東 京 付 近				*2								
		長 野(千曲川)					*2							
マハゼ	産卵期	近 畿 地 方				*4								
		全 国	*1											
		九 州		*4										
		東 京		*4										
		仙 台			*4									

出典：*1 桜井淳史・大塚高雄・田中哲・矢野維幾(1989)：日本の淡水魚，(株)山と溪谷社
*2 落合明・田中克(1986)：魚類学，恒星社厚生閣
*3 (株)日本水産資源保護協会(1980)：水産生物適水温図
*4 宮地傳三郎・川那部浩哉・水野伸彦(1976)：原色日本淡水魚類図鑑，保育社

河川水熱エネルギー利用に係る河川環境影響検討指針（案）（解説）

平成7年2月発行

監 修 建設省河川局

編 集 (財)国土開発技術研究センター

〒105 東京都港区虎ノ門2-8-10 第15森ビル

電話 03(3503)0393

本文用紙は再生紙を使用しております。