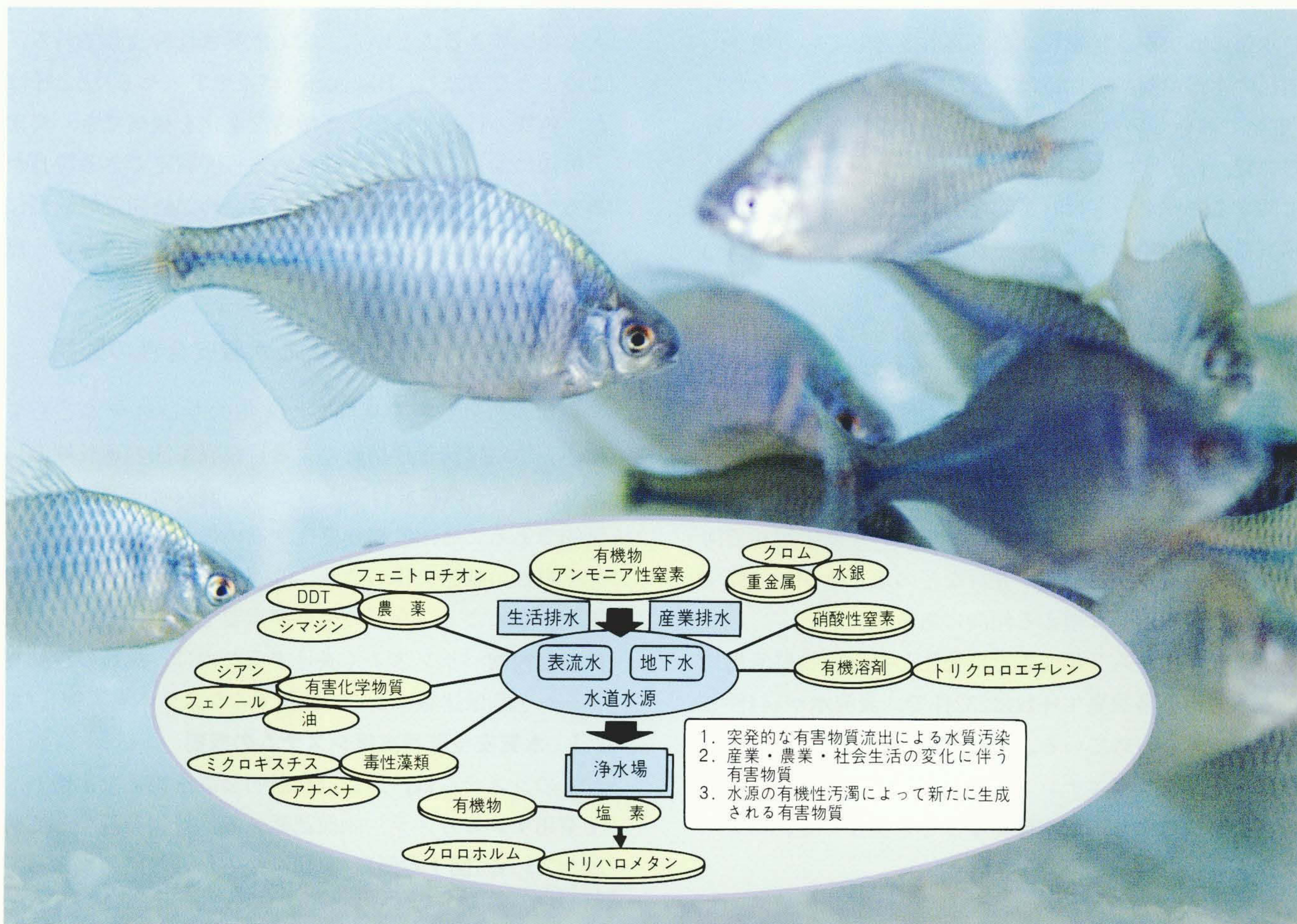


水の安全性を確保する水質監視支援システム

Water Quality Monitoring Support System for Maintaining Reliable Water Treatment

広田忠彦* Tadahiko Hirota 矢萩捷夫*** Hayao Yahagi
依田幹雄** Mikio Yoda 馬場研二**** Kenji Baba
原 直樹** Naoki Hara



水環境と水道水の安全性 産業の発展や社会生活の高度化は、人類にとって有害な多くの物質を生み出している。多種多様な急性毒性物質による水質異常は、人間よりもはるかに敏感なタナゴなど魚類によって検知することができる。

地球上のすべての生物は、水の大循環を通して補完しあいながら生命を育て、そして維持している。人類は誕生から今日まで水を得、水をきれいにするために知恵を絞り多くの努力を重ねてきた。

一方、便利さを求めるがための産業の発展や社会生活の高度化は、人類にとって有害となる多くの物質を生み出している。また、水源の有機性汚濁によってトリハロメタンなど新たな有害物質が生成され

るに至っている。

水の安全性を確保するためには、有害物質の削減という根本対策に加えて、水質の常時監視と有害物質の早期検出が必要である。多種多様な急性毒性物質による水質異常は、人間よりもはるかに敏感なタナゴなど、魚類の行動パターンを画像解析することによって検知することができる。

* 広島市水道局 ** 日立製作所 大みか工場 *** 日立製作所 日立研究所 **** 日立製作所 日立研究所 工学博士

1 はじめに

水道は、国民の生活用水を確保するための社会基盤施設(ライフライン)として重要な役割を果たしている。わが国の近代水道は、100年の歴史の中で積極的な整備が進められた結果、平成3年度末の普及率は94.9%とほぼ欧米並みのレベルに達している。

水道の歴史が2世紀目に踏み込もうとしている現在、国民の水道に対する期待は、量から「質」へ、すなわち「安全でおいしい水」へと大きく転換している。水源水質の悪化、トリハロメタン、農薬、シアン、異臭味など「質」に関するキーワードは日常的なものとなっている。また、水質基準も34年ぶりに改正され、「安全性」、「おいしさ」に対して一段と厳しいものとなっている。

ここでは、急性毒性物質の早期検知を目的とした魚類の行動解析(画像認識)による水質監視支援システムとその適用事例について述べる。

2 水道水の安全性と監視の現状

わが国の水道原水の取水量は、平成3年度末現在で河川などの表流水が71.8%、井戸などの地下水が26.1%であり、表流水が年々増える傾向にある。

平成元年度から3年度までに発生した有害物質流出による水質汚染事故発生件数は232件で、表流水が144件と全体の62%を占めている。有害物質としては、シアン・農薬・トリクロロエチレン・油などが主である。これらの汚染事故により、取水停止などを余儀なくされるケースがある¹⁾。

一方、浄水場では水の安全性を確保するため、水道維持管理指針によって濁度、pH、残留塩素などを基準に定められた水質項目を分析、管理している。また、コイ、フナ、ウグイ、タナゴなど原水に生息する魚類を水槽に飼育し、その行動を目視観察して水質の安全確認に役立てている²⁾。これは、水質異常に対して魚類が敏感な反応を示すことを利用したもので、多種多様な急性毒物の混入を検知できることから、広く推奨され普及している。このような方法は、Bioassay(バイオアッセイ)法と呼ばれ、魚類の行動や外観など微妙な変化を観察でき、異常の検知に加えて毒物の種類もある程度判定できる特長がある³⁾。しかし、人の目に依存するため24時間連続観察には限界があり、観察や判断に個人差がしやすいという点が課題であった。

3 魚類の行動解析による水質安全性の監視

魚類の自動監視を指向した実用的なシステムとしては、(1)水道維持管理指針による目視観察法の延長線にあり、スムーズに移行できること、(2)24時間連続かつ定量的であること、(3)検知感度が高いこと、(4)魚類をなるべく自然の状態に保つこと、(5)魚類の種類・大きさの制限が少ないこと、などの条件が重要である。これらの条件を比較的バランスよく満足するために、魚類の行動パターンを画像認識によって監視するシステムを実現した。

3.1 水質安全監視支援システムの概要

このシステムは、透過散乱照明装置を備えた水槽と、工業用テレビカメラ、画像認識装置、警報装置などで構成している(図1参照)。魚類を後方からの照明によって

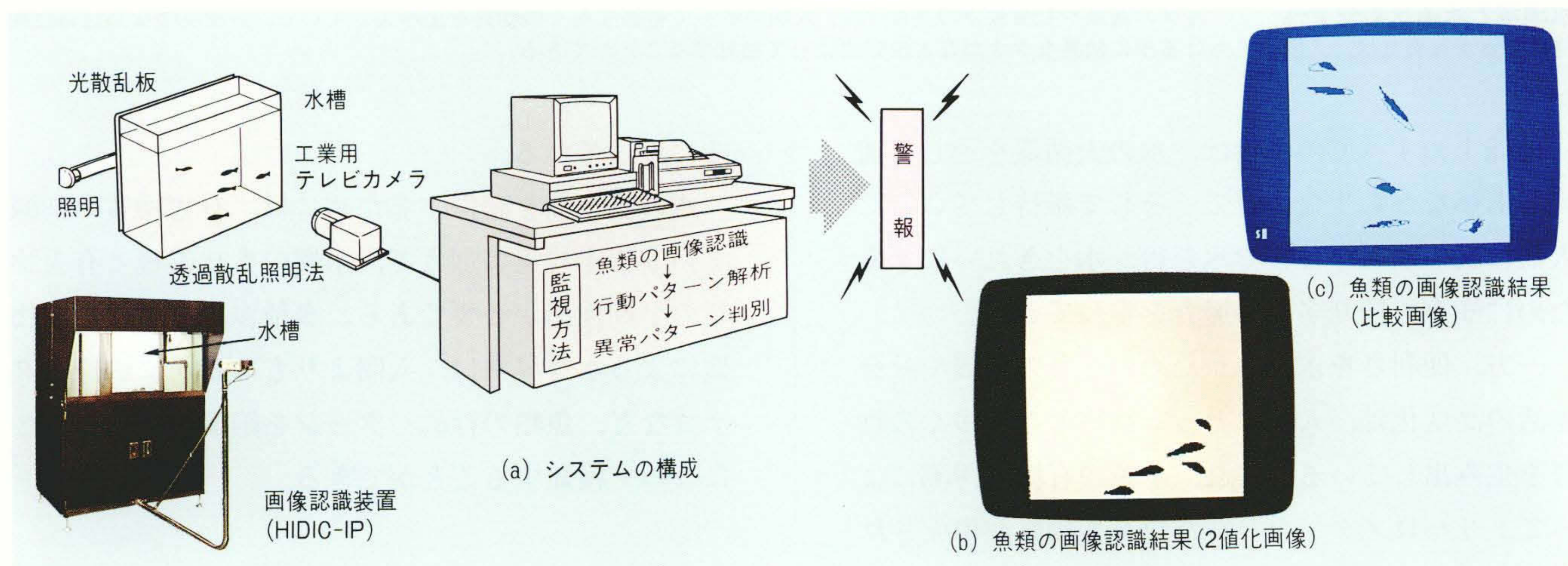


図1 システムの概要 システムは、魚類の飼育水槽、工業用テレビカメラ、画像認識装置で構成している。魚類の行動パターンは画像認識装置によって解析され、異常時には警報が出される。

影絵としてとらえ、認識精度を上げている。カメラで撮像した水槽内の映像は、画像認識装置に伝送される。ここでは、まず映像の中から魚類だけを抽出し、認識する処理を行う。次に魚類の位置分布、速度、群れの中心、群れの広がり度など魚の座標をもとに計算を行い、判定指標を求める。これは毒物混入時に魚が示す、典型的な異常行動として知られている「鼻上げ行動」、「錯乱行動」、「狂奔行動」などに相当する。これらの判定指標の変化をとらえることにより、魚類の異常行動をいち早くとらえ、異常警報を出力する。着目する指標の概略を以下に述べる。

(1) 鼻上げ行動指標

最も信頼度が高い鼻上げ行動の、水面近くに魚群が漂う割合を画像認識によって定量的に計測する。1尾の魚が水面に浮上しても、全体の魚群が水槽下部にいれば異常とは言えない。そこで、魚群全体のうちどのくらいの割合の魚が、どの程度水面近くに浮上したかを数値化 (R_w ：鼻上げ行動指標) して、これを基に異常を判定する。またこれとは別に、魚類の総重心も指標としている。魚が死ぬということは、魚の息が止まるわけであるから、息苦しくて水面に浮上する現象は普遍的なものである。

(2) 錯乱行動指標

正常時の魚類は群をなして行動するが、異常時には魚類はバラバラに行動する。この度合いを計測するには、まず複数の魚の位置を座標で表し、これら複数座標の中心座標から各固体までの距離を計算する。この距離の総和が小であれば各固体が集まっていることを表し、逆に大であれば分散していることを表す。

表1 各種毒性物質の検出評価例 魚類を連続的に監視し、シアン化合物や農薬の混入による異常行動を10～20分で検出可能とした。

物 質	方 式	画像処理(タナゴ)		従来法(コイ)*	
		濃 度 (mg/l)	検出時間 (min)	濃 度 (mg/l)	時 間 (h)
農 薬	フェニトロチオン	10	10～	9.0	24
	DDT	0.25	20～	0.4	24
排 水	シ ア ン (CN ⁻)	0.1	10～	0.6～0.8	24
特 長		●リアルタイム監視による早期検出 ●多様な毒性物質の検出 ●信頼性と精度向上		—	

注：* 所定時間内に供試魚の50%が生き残る毒性物質

(3) 狂奔行動指標

魚類の行動は通常ゆったりとしている。しかし、繁殖期には追尾行動によって速度が増加する場合がある。また、外界の何らかの刺激を受けて、速度が増加する場合もある。このようなことから狂奔行動時には速度は増加するが、速度が増加したからといって狂奔行動とはいえない面がある。

したがって、前述した複数の行動指標の組み合わせにより、異常の程度を判定している。行動異常の警報が出たら監視員が実際に確認して水質分析を行う。

3.2 監視結果の例

各種毒性物質の検出評価例を表1に示す。シアン化合物や農薬の混入による魚類の異常行動を10～20分で検出

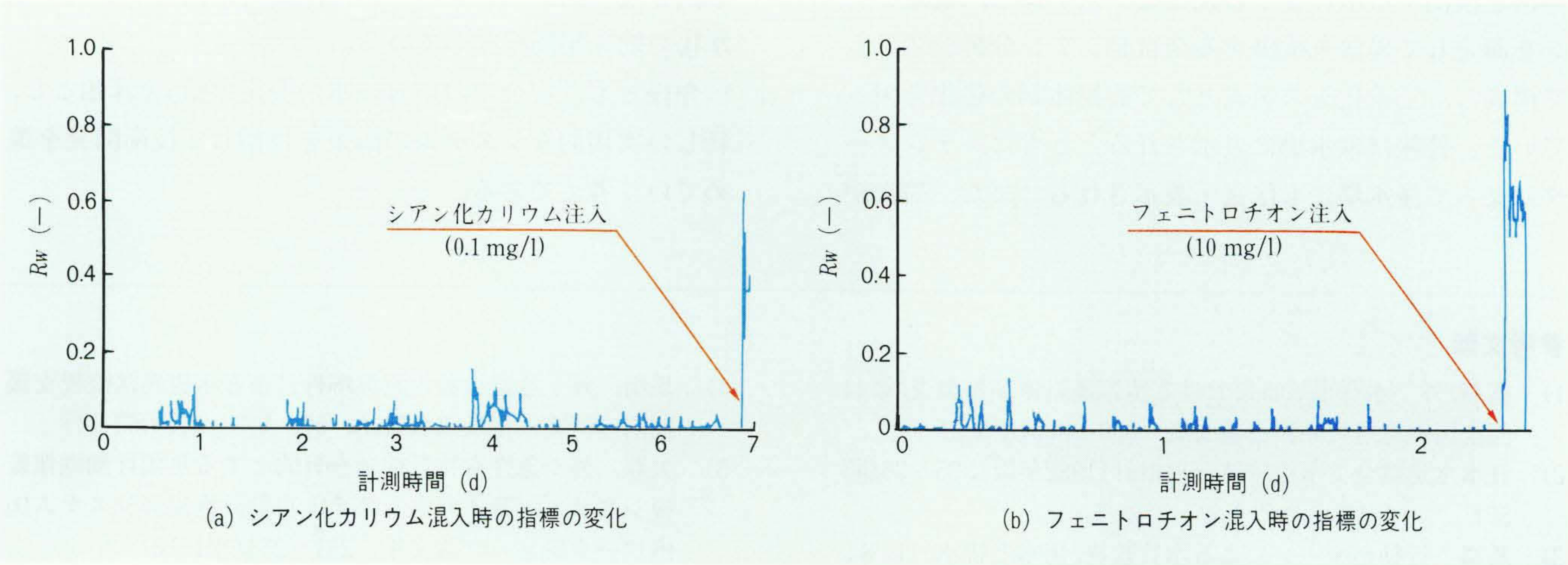


図2 急性毒物混入前後のタナゴの鼻上げ行動指標の変化 急性毒物混入時にはタナゴの R_w (鼻上げ行動指標)が大きく変化し、水質異常が検出できる。

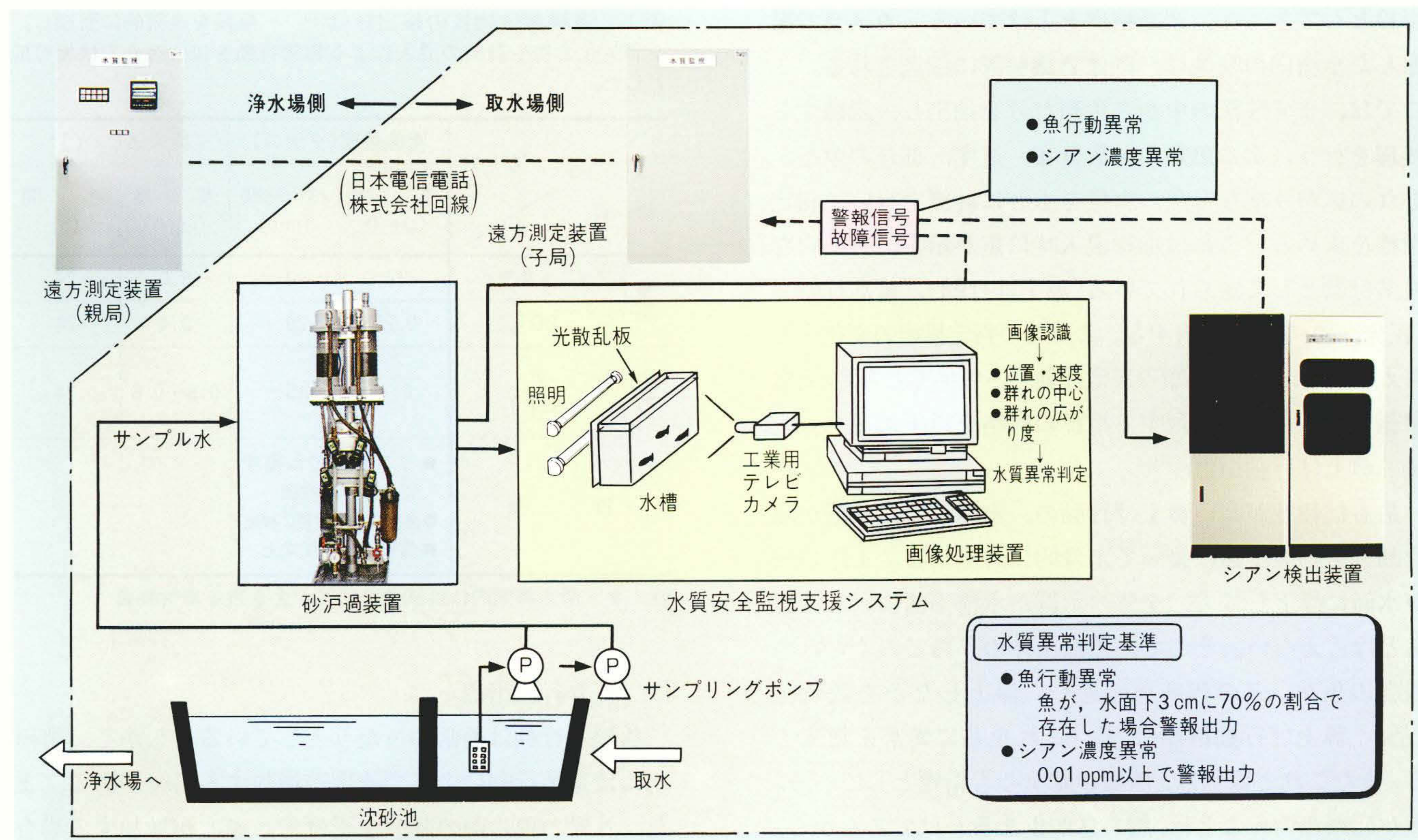


図3 適用事例 魚類による水質安全監視支援システムと全自動シアン分析システムとの二重化システムにより、水質監視体制の強化が図られている。

できることを確認している。急性毒物混入前後のタナゴの Rw の変化を図2に示す。指標は大きく変化しており異常の判定が可能である^{3),4)}。

4 適用事例

広島市のA取水場に設置された水質監視システムの構成を図3に示す。このシステムは、魚類を自動監視して異常を検出する水質安全監視支援システムと、遊離シアンを測定して異常を検出する全自動シアン分析システムで構成し、二重化システムとして監視体制の強化を図っている。警報は取水場に表示されるとともに、テレメータによって浄水場にも伝送・表示される。また、異常が

検出されると同時に自動的に採水(分析用)する機能を持っている。魚は、これまで目視観察用に飼育していた川タナゴを使用している。

5 おわりに

魚類の行動パターンを画像解析して、水道水の安全性を確保する監視支援システムについて、その概要と適用事例を述べた。このシステムは、広島市内の4か所の取水場で約1年間稼働している。

今後とも、「安全でおいしい水の安定供給」を課題とし、新しい実用的なシステムの構築を目指して技術開発を進めていく考えである。

参考文献

- 1) 室石, 外: 水質事故時における情報連絡体制等調査, 第44回全国水道研究発表会論文集, 860~862(平5-5)
- 2) 日本水道協会: 水道維持管理指針(1982年版), 35~36(昭57)
- 3) 馬場: 行動パターンによる水質監視, 用水と排水, 11, 8, 506~512(平5-4)
- 4) 馬場, 外: 魚群行動の画像解析による水質異常監視支援技術の研究, 水道協会雑誌, 57, 117~15(昭63-11)
- 5) 矢萩, 外: 急性毒物質検知を目的とする魚類行動画像監視システム, 第4回水システム自動計測制御システム国内ワークショップ論文集, 251~254(平1-10)