

「プール水質管理の実態調査」
(連続測定による)
調査報告書

平成27年3月

公益社団法人日本プールアメニティ協会

目次

I. 調査概要	2
1. 調査目的	2
2. 調査対象	2
3. 調査内容	2
4. 調査実施期間	2
II. 調査方法	3
1. 測定装置と測定データの取り扱い	3
2. プール水及びろ過水のサンプリング方法	4
III. 評価方法	6
1. 厚生労働省・遊泳用プールの衛生基準（I基準）	7
2. DIN19643の水質基準（II基準）	8
①遊離残留塩素濃度	8
②ORP	9
③結合塩素濃度	9
④濁度とろ過水濁度	9
IV. 評価結果	11
1. 総合評価	11
①I基準への適合	11
②II基準への適合	12
2. 濁度	13
3. ろ過水濁度	14
①全体	14
②凝集剤との関係	14
③凝集剤の投入・注入方法との関係	15
4. 遊離残留塩素濃度	16
5. pH	18
6. ORP	19
7. 結合塩素濃度	21
V. まとめ	23

付録

各施設の測定結果

I. 調査概要

1. 調査目的

我が国における遊泳用プールの水質を従来のスポットの調査ではなく連続測定で調査することで、水質が常にどのような状態にあるのかを把握することを本調査の目的とした。

2. 調査対象

関東及び東海地方の公共屋内外プール10施設を任意に選定した。なお、全施設ともろ過装置は砂ろ過装置であった。

(地域・屋内外プールの内訳は表1参照)

表1 調査対象施設の内訳

	屋内プール	屋外プール	合計
関東地方	7	0	7
東海地方※1	2	1	3
全合計	9	1	10

※1 静岡県は東海地方として集計した。

3. 調査内容

連続測定装置を用いたプール水質の連続測定及び評価及びチャートから読み取れる水質管理に対する考察を行った。

測定項目は連続測定できる衛生的な項目として、濁度・ろ過水濁度・遊離残留塩素濃度・pH・ORP・結合塩素の6項目を選んだ。

各施設における測定期間は概ね1週間とし、その間、上記の6項目の測定・記録を行った。

4. 調査実施期間

平成26年7月16日～10月1日

Ⅱ．調査方法

1. 測定装置と測定データの取り扱い

連続測定装置を用い、濁度、ろ過水濁度、遊離残留塩素濃度、pH、ORP、結合塩素濃度の6項目を測定した。

連続測定装置は濁度・ろ過水濁度の測定には濁度計 TMS-561BW を使用し、遊離残留塩素濃度・pH・ORP・結合塩素濃度は WAM-DEPOLOX を使用した。

連続測定装置にて測定された値はデータロガーTRV-1000 で保存した。

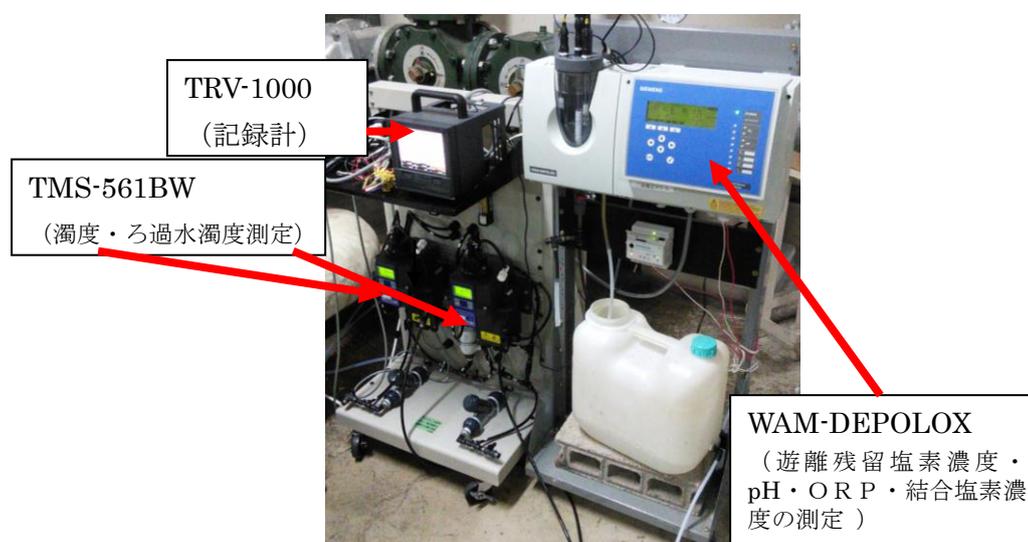
記録計における測定データのサンプリング周期（何秒おきに測定データの記録計への転送を行うか）は60秒おきとした。

表2に各測定項目の測定装置と記録計の型式、測定方式、図1に測定装置全体の設置例を示す。

表2 各測定項目における測定装置・測定方式・記録計

測定項目/機能	型式	測定方式	製造会社
濁度	TMS-561BW	90° 散乱光測定方式	エボクア
ろ過水濁度			
遊離残留塩素濃度	WAM-DEPOLOX	ポーラログラフ方式	
pH		ガラス電極方式	
ORP		白金電極方式	
結合塩素濃度		隔膜電極方式	
記録計	TRV-1000		株式会社 キーエンス

図1 水質測定装置全体図



2. プール水及びろ過水のサンプリング方法

サンプリングはプール水・ろ過水とも循環ろ過系統に別途バルブ又は配管を設置して行なった。(図2、図3参照)

この方式は比較的サンプリングが容易であり、特にプール水においてはろ過装置に送り込まれる水を測定するため、プール水槽の一部からのサンプリングより均一化された水を測定できると考えられる。プール水のサンプリングはろ過ポンプ（循環ポンプ又は送水ポンプとも呼ばれる）のデリバリ側（送水側）で行なったが、施設によってはサクション側（吸込み側）への薬品注入によって測定値に影響を及ぼすことがある。そのような場合は影響の度合いを把握し、データ処理の段階で測定値の削除・修正等を行った。

また、ろ過水のサンプリングはろ過水の採水栓より行ない、採水栓より上流で塩素剤など薬品注入がされていないことを確認した。

図2 プール水及びろ過水のサンプリングの様子

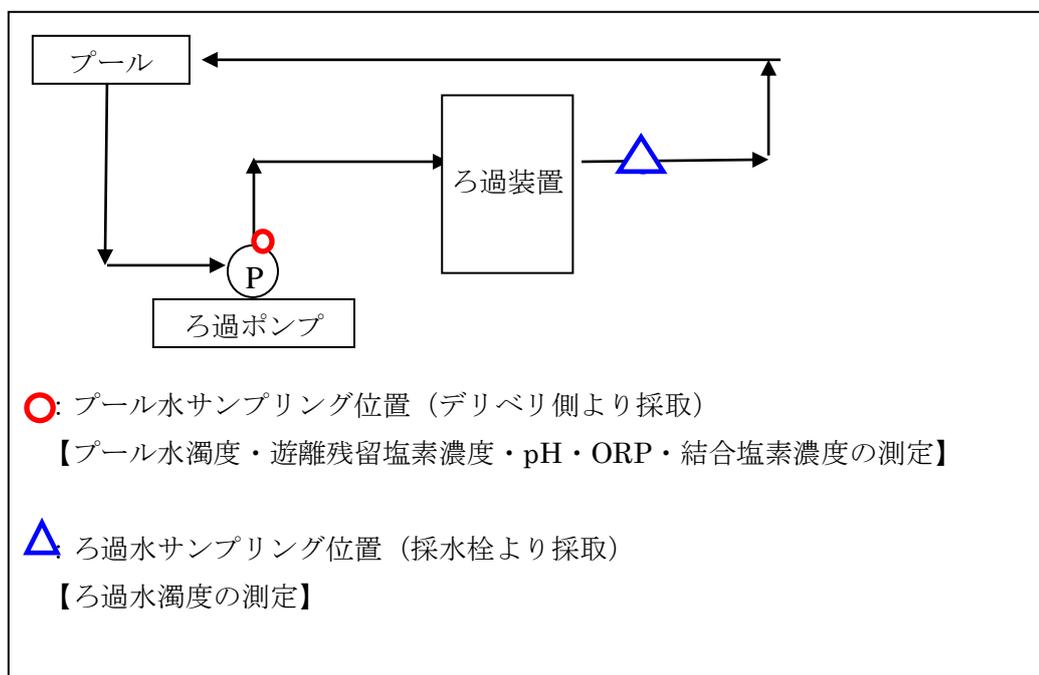
プール水サンプリングの様子



ろ過水サンプリングの様子



図3 一般的なサンプリング位置の模式図



Ⅲ. 評価方法

測定データの評価をするにあたり、遊離残留塩素濃度とORPと結合塩素濃度は営業時間内のデータ、濁度・ろ過水濁度・pHは24時間（又はろ過装置が稼働している時間）のデータで評価した。

測定結果は個別項目ごとに設定したⅠ基準・Ⅱ基準という2段階の基準（表3参照。ORPと結合塩素濃度はⅡ基準のみ）に照らし合せ、適合率を算出した。（図4：適合率算出例）

評価はその適合率を以って行なった。

Ⅰ基準は厚生労働省・遊泳用プールの衛生基準（以下、公的基準と記す）を採用し、Ⅱ基準は遊離残留塩素濃度とORPを除き、【よりきれいで、より快適】な水質の指標として世界でももっとも整備されているといわれるDIN19643の水質基準（以下、DIN基準と記す）を採用した。

表3 個別基準

適合基準	Ⅰ基準	Ⅱ基準
濁度	2.0度以下	0.5NTU以下
ろ過水濁度	0.5度以下	0.1NTU以下
遊離残留塩素濃度	0.4mg/l以上	0.4～0.7mg/l
pH	5.8～8.6	6.5～7.2 ^{※1} 6.5～7.5 ^{※2}
ORP	/	pH6.5～7.3:750mV以上
		pH7.3以上:770mV以上
結合塩素濃度		0.2mg/l以下

※1：凝集剤にPAC・硫酸バンド等アルミニウム系のものを使用している施設。

※2：※1以外の施設。

図4 適合率算出例

例) 6日間分の遊離残留塩素濃度のデータを評価した。(480点^{※1}/日×6日=2880点) 評価期間中、0.4mg/l以上が2870点、0.4mg/l～0.7mg/lが1230点であった。

$$\text{Ⅰ基準適合率(\%)} = 2870 \div 2880 \times 100 = 99.7 \approx 100\%$$

$$\text{Ⅱ基準適合率(\%)} = 1230 \div 2880 \times 100 = 42.7 \approx 43\%$$

(適合率は小数点以下、四捨五入)

※1 営業時間が1日8時間である場合

1. 厚生労働省・遊泳用プールの衛生基準（I 基準）

厚生労働省・遊泳用プールの衛生基準は我が国の遊泳プールの公的基準である。我が国の遊泳用プールは守らなければならない基準である。

本調査ではこの公的基準を I 基準とした。

表 4 に今回測定を行なった項目とその基準値を記した。

このうち、ろ過水濁度のみは施設基準として定められている基準である。（浄化設備が有するべき能力としての基準）。

ちなみに、公的基準において遊離残留塩素濃度の上限はあくまで望ましい基準であるとされ、必ずしも守らなければならないものではないため、これを省き I 基準は「遊離残留塩素濃度 0.4mg/l 以上」のみとした。

表 4 厚生労働省・遊泳用プールの衛生基準

項目	基準値	単位
濁度	2.0 以下	度
ろ過水濁度	0.5 以下（0.1 以下が望ましい）	
遊離残留塩素濃度	0.4 以上、1.0 以下が望ましい。	mg/l
pH	5.8～8.6	

※1 塩素剤に二酸化塩素を使用しない場合

2.DIN19643 の水質基準（Ⅱ基準）

DIN19643 の水質基準（以下、DIN 基準）とは連邦政府認可ドイツ規格統一協会（DIN）水圏科学技術委員会（NAW）の運営委員会IV13により作成された基準であり、ドイツにおいての公的基準で、我が国の厚生労働省・遊泳用プールの衛生基準に相当するものである。

今回は遊離残留塩素濃度とORP以外は、このDIN基準をそのまま、Ⅱ基準として採用し、遊離残留塩素濃度とORPは我が国の事情を加味してDIN基準を少し変更したものをⅡ基準とした。

表5にDIN基準とⅡ基準の値を記した。

表5 DIN19643 とⅡ基準の水質基準

項目	DIN 基準値	Ⅱ基準	単位
濁度	0.5 以下		FNU（ホルマジン光学的測定単位）=NTU
ろ過水濁度	0.1 以下		
遊離残留塩素濃度	0.3～0.6	0.4～0.7	mg/l
pH	6.5～7.2 (アルミニウム系の凝集剤を使用する) 6.5～7.5 (アルミニウム系の凝集剤を使用しない)		
ORP	pH6.5～7.3：750 以上 pH7.3～7.5：770 以上	pH6.5～7.3：750 以上 pH7.3 以上：770 以上	mV
結合塩素濃度	0.2 以下		mg/l

① 遊離残留塩素濃度

遊離残留塩素濃度のⅡ基準は0.4 mg/l～0.7 mg/lとした。これはDIN基準では0.3 mg/l～0.6 mg/lとなっているものに変更を加えたものである。理由は我が国の遊離残留塩素濃度の基準が「0.4 mg/l 以上、1.0 mg/l 以下が望ましい」であり、そのままDIN基準を採用することに問題があったためである。変更方法は、DIN基準の下限濃度0.3 mg/lを公的基準の0.4 mg/Lに置き換え、これに範囲の0.3 mg/L（0.6 mg/l－0.3 mg/l）を加えて上限の0.7 mg/Lとした。

②ORP

ORPは酸化還元電位（Oxidation-reduction Potential）の略称であり、ある酸化還元反応系における電子のやり取りの際に発生する電位（正しくは電極電位）のことを示す。

この数値は水の処理、特にプール水の衛生的処理において「消毒力の総合的な指標」として、DIN基準をはじめとした世界の多くのプール水の水質基準に採用されている。ちなみに我が国の公的基準には採用されていない。

今回、ORPをⅡ基準として加えることにした。しかしながら、我が国の公的基準にはORPが規定されていないため、Ⅰの基準には採用しなかった。

ちなみに、ORPの基準をDIN基準に照らし合わせると、本来ならばpH6.5～7.5の範囲内でないと評価が出来ない。しかしながら、この前提をもって評価を行うと、ORPそのものは適合する値であっても、pHが7.5以上という理由で、評価対象外で結果として不適合となってしまいう施設が多くなってしまふ。

この様なことと、ORPは「消毒力の総合的な指標」であるため、例えpHが高くてもその値が十分に高ければ、その水の消毒力は十分に高いと考えられることから、pHの前提条件を改変し、pH6.5～7.3の時は750mV以上、pHが7.3以上の時は770mV以上であれば、Ⅱ基準に適合しているということとした。

③結合塩素濃度

プール環境では、有効塩素と汗や尿の成分であるアミノ酸や尿素のような水中に混入している窒素化合物が反応して結合塩素であるクロラミンが生成する。クロラミンは目と粘膜への刺激や悪臭のため、遊泳者に嫌われる原因となっている。

また、結合塩素は遊離残留塩素と同様に消毒力を有してはいるが、その消毒力は遊離残留塩素に比べ非常に弱い。

以上のような理由から、結合塩素濃度は低いことが望ましく、DIN基準においては0.2mg/l以下であることが規定されている。ちなみに我が国の公的基準には採用されていない。

今回の調査ではDIN基準に規定されていることとその測定が比較的容易であることから、この結合塩素濃度もⅡ基準として加えることにした。しかしながら、我が国の公的基準には結合塩素濃度が規定されていないため、Ⅰの基準には採用しなかった。

④濁度とろ過水濁度

濁度は濁度標準物質に何を使用するかで主に①「度」②FNU③NTUと濁度を示す単位が異なってくる。①「度」は我が国の公的基準に定められている単位②FNUはDIN基準に定められている単位③NTUは本調査に使用したTMS-561BW濁度計の測定単位である。FNUとNTUは表記の違いがあるだけでほぼ同義として扱うことが出来る。

「度」は我が国の公的基準の単位であり、これのみ先の2つとは使用している濁度標準物質が異なる（ポリスチレン）、よって、標準物質の違いによる測定値の若干の差は生じてくる。

本調査における濁度の測定（濁度&ろ過水濁度）は全て NTU 単位で行なっており、本調査で測定された数値をそのまま I 基準（度）と照らして合わせて評価をすることには問題がある。

NTU での測定値を「度」として判断するには、測定された NTU の値、全てに一定の係数（以下、換算係数）を乗じて「度」への換算を行なう必要があり、今回の測定データもそのように処理したもので I 基準への適合率を算出した。

換算係数であるが、我々が行なった調査によって $1 \text{ NTU} = 0.897 \text{ 度}$ という結果が得られたため、この 0.897 を採用した。

V. 評価結果

1. 総合評価

① I 基準（公的基準）への適合

全施設における全項目の I 基準適合率（単位％）と施設状況

項目 施設	濁度	ろ過水 濁度	遊離残留 塩素濃度	pH	屋内外別	遊離残留塩素濃度 の管理方法	ろ過方式
施設 1	90	100	50	100	屋外	手動管理	砂ろ過式
施設 2	100	100	100	100	屋内	自動管理 (自動残留塩素濃 度計)	
施設 3	100	100	100	100			
施設 4	100	100	100	100			
施設 5	100	100	100	100			
施設 6	100	100	97	100			
施設 7	100	100	100	100			
施設 8	100	100	100	100			
施設 9	100	100	100	100			
施設 10	100	100	100	100			
適合率平均	99	100	95	100			

I 基準・公的基準への常時の適合という点から見ると、全 10 施設中 8 施設が全ての項目において満足していた（全項目の基準適合率が 100％）、1 施設がほぼ満足していた（適合率 90％以上をほぼ満足とした場合）。唯一の屋外プールであり、遊離残留塩素濃度の管理を手動で行っていた施設 1 は、遊離残留塩素濃度が常には基準を満たしていなかった。（適合率 50％）

屋外プールのみ遊離残留塩素濃度の適合率が低い理由としては、自動残留塩素濃度計が設置されていないことと、日照の影響によると考えられる。

施設ごとでなく、10 施設全体としてのどのような評価になるかを示すために、各項目の適合率を平均（小数点以下、四捨五入）してみると、濁度 99％、ろ過水濁度 100％、遊離残留塩素濃度 95％、pH 100％と全ての項目で 95％以上と高く、全般的に厚生労働省の遊泳用プールの衛生基準が良く守られていたと言える。

②Ⅱ基準（DIN基準）への適合

全施設における全項目のⅡ基準適合率（単位％）

項目 施設	濁度	ろ過水 濁度	遊離残留塩素 濃度	pH	ORP	結合塩素 濃度
施設1	19	28	37	0	0	92
施設2	97	0	0	0	100	0
施設3	96	0	29	0	100	0
施設4	100	0	21	100	100	0
施設5	100	100	0	0	100	0
施設6	100	100	3	0	68	0
施設7	70	12	73	100	100	0
施設8	100	100	9	0	100	0
施設9	100	95	0	0	100	0
施設10	100	13	33	0	100	0
適合率平均	87	45	19	20	86	9

Ⅱ基準・DIN基準への常時の適合という観点から見ると、10施設全てで満足（全て項目が適合率100％で満足とした場合）しなかった。

施設ごとでなく、10施設全体としてのどのような評価になるかを示すために、各項目別に適合率を平均（小数点以下、四捨五入）してみると、濁度87％、ろ過水濁度45％、遊離残留塩素濃度19％、pH20％、ORP86％、結合塩素濃度9％であった。

濁度は87％と高い適合率であり、プール水は透明であったと言える。

しかし、ろ過水濁度は45％高い数値ではなかった。濁度の適合率が高かったことと合わせて考えると、遊泳者人数（負荷）が少なかったことが、濁度とろ過水濁度の適合率の差異として現れたものと考えられる。

遊離残留塩素濃度は19％と低い適合率であった。これは遊離残留塩素濃度が0.7mg/lを超えることが多かったためである。（Ⅱ基準：0.4～0.7mg/l）

そのことが、ORPの86％という高い適合率となって表れたと言える。ORPは遊離残留塩素濃度が高いほど高い値を示す（基準に適合しやすくなる）ので遊離残留塩素濃度が高かったがゆえ、衛生的であったと言える。

pHは20％と低い適合率だった。これはⅠ基準よりもⅡ基準の許容範囲が狭い（6.5～7.2又は7.5）ため、全て上限（7.2または7.5）を超えたためであった。

結合塩素濃度の適合率は全項目で最も低い9％であった。屋内プールでは9施設全ての施設で適合率が0％であった。

2. 濁度

全施設における濁度の評価結果と施設状況^{※1}

項目 施設	I 基準適合率 (%)	II 基準適合率 (%)	平均値 (度)	凝集剤種類	投入・注入方式
施設 1	90	19	1.034	高分子凝集剤	手動投入
施設 2	100	97	0.277		数時間おきに注入
施設 3	100	96	0.307	PAC	連続注入 ^{※1}
施設 4	100	100	0.249	高分子凝集剤	数時間おきに注入
施設 5	100	100	0.104	PAC	連続注入 ^{※1}
施設 6	100	100	0.070		
施設 7	100	70	0.359	高分子凝集剤	手動投入
施設 8	100	100	0.126		PAC
施設 9	100	100	0.112		
施設 10	100	100	0.169		

※1 タイマー注入であっても注入の間隔が1時間程度の場合は連続注入とした。

濁度は全10施設中9施設（全部、屋内施設）でI基準適合率100%、残りの1施設（屋外）は適合率90%であり、公的基準（2.0度以下）に概ね適合していた。

また、II基準（0.5NTU以下）適合率の最高値は100%（6施設）、最低値は19%であった。適合率が低い（80%未満）のは2施設であり、両施設とも凝集剤を手動投入していた施設であった。また、その2施設は測定期間中のプール水濁度の平均値も高い方から1番目（1.034度）と2番目（0.359度）であった。ちなみに今回、測定した施設のろ過装置はいずれも砂ろ過装置であった。

今回測定を実施した項目の中でII基準への適合率の成績が最も良いのがこのプール水濁度であり、他の項目に比べII基準へ適合させやすいと思われる。

濁度の公的基準はプールの安全面の観点（衝突防止）から水平方向に水中で3m程度の視界を確保できる値として2度以下となっているが、きれいな水という観点からは、3m先しか見えないということでもある。実際に濁度が2度の場合一般的な25mプールならばプールサイドでもプール水が白濁をしていることが分かる。

II基準へ適合させることの難易度、きれいな水という観点から公的基準内で管理することの妥当性、これらのことを考えた時、プール水濁度に関してはI基準・公的基準以内といわず、よりも低い値であるII基準以下（0.5NTU以下）に保つことを目標とするのが良いのではないだろうか。

3. ろ過水濁度

①全体

全施設におけるろ過水濁度の評価結果と施設状況

項目 施設	I 基準適合率 (%)	II 基準適合率 (%)	平均値 (度)	凝集剤種類	投入・注入方式
施設 1	100	28	0.157	高分子凝集剤	手動投入
施設 2	100	0	0.236		数時間おきに注入
施設 3	100	0	0.232	PAC	連続注入 ^{※1}
施設 4	100	0	0.192	高分子凝集剤	数時間おきに注入
施設 5	100	100	0.049	PAC	連続注入 ^{※1}
施設 6	100	100	0.058		
施設 7	100	12	0.201	高分子凝集剤	手動投入
施設 8	100	100	0.059		PAC
施設 9	100	95	0.073		
施設 10	100	13	0.118		

※1 タイマー注入であっても注入の間隔が1時間程度の場合は連続注入とした。

ろ過水濁度は全ての施設でI基準適合率100%、すなわち常に0.5度以下（公的基準）であった。II基準（0.1NTU以下）適合率の最高値は100%、最低値は0%であった。適合率が低い（80%未満）のは6施設であり、内3施設は全く適合しなかった。

②凝集剤の種類との関係

今回、調査した10施設は全て砂ろ過装置であった。砂ろ過装置においてその処理能力を十分に発揮させるためには凝集剤が必須である。プールにおいて使用される凝集剤は、硫酸アルミニウム（硫酸バンド）・ポリ塩化アルミニウム（PAC）・高分子凝集剤等がある。

今回の調査では硫酸バンドを使用している施設はなく、PACを使用している施設・高分子凝集剤を使用している施設が5施設ずつであった。

II基準への適合率はPAC使用施設においては、100%・100%・95%・13%・0%であり、高分子凝集剤使用施設においては100%・28%・12%・0%・0%であった。また、ろ過水濁度の平均値をPAC使用施設と高分子凝集剤使用施設とで再平均すると、それぞれ0.118NTU（PAC使用）と0.188NTU（高分子凝集剤）であった。

③凝集剤の投入・注入方法との関係

今回、調査した10施設は全て調査期間中の凝集剤の投入・注入が確認された。凝集剤投入・注入方法は数日に1回、ヘアキャッチャー（除塵器または集塵器）に凝集剤を投入する【手動投入】、数時間に十数分間、定量ポンプにて注入する【数時間おきに注入】、常に注入し続ける、または、間欠注入であっても最長1時間程度に1回は注入する【連続注入】の3通りがあった。

手動投入が2施設、数時間おきに注入が2施設、連続注入が6施設であり、それぞれⅡ基準への適合率は手動投入が28%・12%、数時間おきに注入が共に0%、連続注入は100%が3施設、残りは95%・13%・0%であり、連続注入のみにⅡ基準に100%適合した施設があった。

また、ろ過水濁度の平均値を手動投入・数時間おきに注入・連続注入それぞれで再平均すると、それぞれ0.179度（手動投入）と0.214度（数時間おきに注入）と0.098度（連続注入）であった。

今回の調査においては連続注入が適合率・平均値共に成績が1番良かった。

しかしながら、どちらの凝集剤でもどの投入・注入方法でもⅡ基準への適合率が低い施設があった。

それぞれの凝集剤の特性を理解して、常にⅡ基準に100%適合させるように投入・注入を行うことが望ましい。

4. 遊離残留塩素濃度

①全体

全施設における遊離残留塩素濃度の評価結果と施設状況

項目 施設	I 基準適 合率 (%)	II 基準適 合率 (%)	平均値 (mg/l)	屋内外別	管理方法
施設 1	50	37	0.43	屋外	手動管理
施設 2	100	0	1.36	屋内	自動管理 (自動残留 塩素濃度計)
施設 3	100	29	0.74		
施設 4	100	21	0.76		
施設 5	100	0	1.18		
施設 6	97	3	1.33		
施設 7	100	73	0.66		
施設 8	100	9	0.98		
施設 9	100	0	1.22		
施設 10	100	33	0.83		

I 基準・公的基準 (0.4 mg/l 以上) に常時適合した施設は10施設中8施設 (適合率100%)、ほぼ適合した施設は1施設 (適合率97%)、常には適合していない施設は1施設 (適合率50%) であり、遊離残留塩素濃度の管理の難易度を考えると、比較的、良い結果であったと思われる。

このような結果となった要因として、第一に屋内施設が多く、自動管理が多かったことが考えられるが、更に自動残留塩素濃度計がどの施設も正常に作動していた結果とも言える。

I 基準・公的基準に常には適合していない施設は手動管理であり、更に屋外プールであるので日照の関係で遊離残留塩素濃度の管理が屋内に比べて難しく、断定的なことは言えないが、この1施設のみ公的基準への適合率が低かったという結果は遊離残留塩素濃度管理を自動管理で行うのが望ましいと言える結果ではないかと思われる。

I 基準・公的基準の遊離残留塩素濃度基準値は0.4 mg/l 以上である。しかしながら、この公的基準でも1.0 mg/l 以下が望ましいとなっている。

そこで、1.0 mg/l 以下も必須であると仮定して上記良好な9施設の適合・不適合を調べると内3施設は適合、すなわち0.4 mg/L～1.0 mg/L 以内に概ね (90%以上) 保たれるが、残る6施設は不適合、1.0 mg/L を超えることが多かった。

この原因としては各施設とも0.4 mg/l 以下とならないように、比較的高い濃度を目標値として管理しているからであろうと思われる。

遊離残留塩素濃度は衛生管理上一定の濃度が必要だが、高すぎても人体への影響が懸念されるため、公的基準では望ましい基準として1.0 mg/l 以下となっている。

遊離残留塩素濃度が高すぎないということはプール水の快適さの条件でもあることを考えると、6施設が1.0 mg/l を超えることが多かったという結果は考慮される必要がある

と考えられる。

遊離残留塩素の人体における影響をより考慮した基準がⅡ基準（0.4 mg/L～0.7 mg/L）となる。

この基準は DIN 基準（0.3 mg/L～0.6 mg/L）を、公的基準を加味して若干の変更を加えたもので、上限を含み、その値は公的基準の望ましい上限値である 1.0 mg/L を更に下回る値となっている。このため適合率は全般的に低く、最高で適合率 73%であった。

I 基準へ適合していた施設が多かったが、それでも、0.7 mg/l を上限とする、Ⅱ基準への適合率はあまり高くなかった。

5. pH

全施設におけるpHの評価結果

項目 施設	I 基準適 合率 (%)	II 基準適 合率 (%)	平均値
施設 1	100	0	7.73
施設 2	100	0	7.65
施設 3	100	0	7.64
施設 4	100	100	7.39
施設 5	100	0	7.37
施設 6	100	0	7.83
施設 7	100	100	7.37
施設 8	100	0	7.94
施設 9	100	0	7.65
施設 10	100	0	7.50

10施設全てが、I基準・公的基準に常時適合した。

II基準に常時適合した（適合率100%）のは2施設であった。その他の8施設では全く適合しなかった（適合率0%）。

II基準に適合しなかった8施設は全て上限（7.2又は7.5）を上回ることによる不適合であった。

pHは薬品注入により多少変動はするものの、他の項目に比べ変動が少ない項目であることや管理の意識がされていないことが原因だと考えられる。

我が国の公的基準ではpHは5.8～8.6ではあるが、pHが8.0を超えると、遊離残留塩素のほとんどがイオンの状態となり、消毒力が大きく低下する。しかし、低すぎることも金属製のろ過装置や配管等の腐食が激しくなるので良くないことから、7.0の中性付近で管理することが望ましいとされる。

このようなことを考えると出来る限り、II基準であるDIN基準内（6.5～7.2又は6.5～7.5）で管理することが良いのではないかとと思われる。

6. ORP

全施設における ORP の評価結果

項目 施設	Ⅱ 基準 適 合率 (%)	平均値 (mV)	遊離残留塩素濃度の 平均値 (mg/l)	pH の平均値
施設 1	0	689	0.43	7.73
施設 2	100	799	1.36	7.65
施設 3	100	814	0.74	7.64
施設 4	100	813	0.76	7.39
施設 5	100	821	1.18	7.37
施設 6	68	771	1.33	7.83
施設 7	100	814	0.66	7.37
施設 8	100	792	0.98	7.94
施設 9	100	788	1.22	7.65
施設 10	100	803	0.83	7.50

ORP はⅡ基準にあるがⅠ基準にはない。

全10施設中8施設が100%適合、残る2施設の適合率は68%と0%であった。

この良い結果は DIN 基準において規定される前提条件の pH 値の基準範囲 6.5～7.5 の制約を適用しなかったためで(Ⅲ-2-②参照) この制約をつけると、全10施設中3施設のみが100%適合で、残る7施設の適合率は極めて低い結果となった。

ORP は“消毒力の総合的な指標”であり、十分な遊離残留塩素濃度が保たれていることとその遊離残留塩素濃度が十分な消毒力を発揮できる適正な pH 値が保たれていることが大切で、高い値であるほど消毒力が強いことを意味する。

今回の調査において、pH が DIN 基準の前提条件から外れる(7.5以上)施設の ORP の平均値を見てみると、1施設を除いて(施設1)を軒並み十分な数値であり、十分な消毒力が得られていると考えられる。

しかしながら、この高い値の要因は V-4 で記したように、遊離残留塩素濃度が高めに管理されている施設が多かったからだと考えられる。

表に ORP のものだけでなく、遊離残留塩素濃度と pH の平均値も併記した。

施設4と施設7の ORP の平均値を見てみるとその値はそれぞれ 813mV と 814mV で全体からみて高い値であり、その消毒力は高いレベルにあると言える、その一方、両施設の遊離残留塩素濃度の平均を見てみると、それぞれが 0.76mg/l と 0.66mg/l でこれは全体からみて低い値であった。

以上の結果は十分な消毒効果を得るためには決して高い遊離残留塩素濃度(1.0mg/l以上)は必要ではなく、pH が適正な範囲内であれば、低い遊離残留塩素濃度(0.4～0.7mg/l)で十分であることを伺わせる結果であると思われる。

高い遊離残留塩素濃度は人体への影響が懸念される。

遊離残留塩素濃度が低くても、同等またはそれ以上の消毒効果が得られるのであれば、pHの管理に目を向け、適正範囲に管理することは重要かつメリットのあることであろうと思われる。

7. 結合塩素濃度

全施設における結合塩素濃度の評価結果

項目 施設	Ⅱ基準適合率 (%)	平均値 (mg/l)	屋内外別	塩素剤の種類	UV装置の有無
施設 1	92	0.12	屋外	次亜塩素酸ナトリウム液	無
施設 2	0	0.65	屋内	電解次亜塩素酸	
施設 3	0	1.13		次亜塩素酸ナトリウム液	有
施設 4	0	0.75		電解次亜塩素酸	無
施設 5	0	0.26		次亜塩素酸ナトリウム液	
施設 6	0	0.84		電解次亜塩素酸	有
施設 7	0	0.54		次亜塩素酸ナトリウム液	
施設 8	0	1.05		電解次亜塩素酸	
施設 9	0	0.75		次亜塩素酸ナトリウム液	有
施設 10	0	0.41		電解次亜塩素酸	

ORP 同様、結合塩素濃度はⅡ基準にあるがⅠ基準にはない。

結果は全10施設中1施設が100%適合、残る9施設は全て適合率が0%であった。

最もⅡ基準への適合率の成績が良くなかったのがこの項目でもあった。

測定を実施してみたところ、結合塩素濃度は変動が少ない項目であった。

適合率が良くない要因としては、我が国の公的基準の項目には含まれず、その認識が薄いことやDIN基準自体が現状の日本で実現するのは厳しいと思われる基準(0.2mg/l以下)であったことが考えられる。

唯一、適合率の良かった施設1は屋外プール(シーズンプール)であった。このプールの測定時期は7月の中旬であり、開園から時間があまり経ってなかったことが考えられ、結合塩素の蓄積が少なかったことが伺える。

一方その他の施設は屋内(通年プール)であり、結合塩素の蓄積が起こっていると考えられる。

塩素剤は次亜塩素酸ナトリウム液(6施設)と電解次亜塩素酸(4施設:主に塩を原料に電解作用で次亜塩素酸を発生させるもの)が使用されていた。

今回の調査の結果、塩素剤の違いによる結合塩素濃度の差異は見出せなかった。

紫外線は結合塩素に作用して、結合塩素を分解・低減させる効果があると言われている。

その紫外線(UV)の照射装置がUV装置である。

今回の調査では2施設(両施設とも次亜塩素酸ナトリウム液を使用)がUV装置を設置しており、その結合塩素濃度の平均値は0.26mg/lと0.41mg/lで屋内プールの中で

は1番目と2番目に低い値であった。

確かにUV装置が設置されている場合は結合塩素濃度が低いという結果であった。

結合塩素は目と粘膜への刺激や悪臭の原因物質であり、消毒力はあるものの非常に弱い
ため、その濃度は出来るだけ低い方が望ましい。

V. まとめ

関東及び東海地方の公共屋内外プール10施設を対象にして、連続で濁度・ろ過水濁度・遊離残留塩素濃度・pH・ORP・結合塩素の6項目を測定し、管理の実態を調査した。

全体としてどのような評価になるかを示すために、I基準（厚生労働省の遊泳用プールの衛生基準：以下、公的基準）とII基準（DIN基準）への適合率を項目ごとに平均したものをまとめると次の表の通りとなる。

	遊離残留塩素濃度	濁度	ろ過水濁度	pH	ORP	結合塩素濃度
I基準	95%	99%	100%	100%		
II基準	19%	87%	45%	20%	86%	9%

I基準（守らなければならない基準）においては全項目が適合率90%を超えており、全体として良く公的基準が守られていたと言える。

II基準（より良い基準）は項目ごとに適合率の差はあるが、濁度（透明であることの指標）とORP（消毒力）の指標が共に80%を超えていることから、全体としてプール水は透明度・衛生面の要求は概ね満たしていると言える。

① 遊離残留塩素濃度の管理の実態

遊離残留塩素濃度を場合分けして、全体としての比率をまとめると表の通りとなる。

	遊離残留塩素濃度 (mg/l)		
	0.4未満	0.4~0.7	0.7を上回る
遊離残留塩素濃度の比率	5%	19%	76%

遊離残留塩素濃度は0.7mg/lを上回っていた割合が76%と高く、全体として高い遊離残留塩素濃度で管理されていたことが分かる。ORPの適合率が高く、消毒力は十分であると判断されたが、これは遊離残留塩素濃度が高いがゆえだったと言える。

② pHの管理の実態

pHは中性付近より高いことが多く、II基準への適合率は20%と低かった。pHを低くして中性付近で管理することで、遊離残留塩素濃度を下げても、ORPは十分な値を保つことになり、ORP、遊離残留塩素濃度、pHの適合率を同時に上げることに繋がる。

③ ろ過水濁度の管理の実態

濁度のII基準適合率は高かったが、濁度の高低を決める要因であるろ過水濁度の適合率は45%と決して良く管理された状態とは言えなかった。比較的、プール水が透明であったことが管理に対する意識を低くしていると思われる。

④ 結合塩素濃度の管理の実態

II基準への適合率は全項目で最も低い9%であり、屋内プール（9施設）は全く適合していなかった。II基準を達成することの難易度を伺わせる結果であった。

参考文献

- 1) 公益社団法人 日本水道協会：上水試験方法 2011年版
公益社団法人 日本水道協会（2011）
- 2) 公益社団法人 日本プールアメニティ協会：水泳プール総合ハンドブック
公益社団法人 日本プールアメニティ協会（2009）