

# 促進耐候(光)性試験の歴史と発展(32)

## 6. 降雨条件

促進耐候性試験機の試験条件の一つに試験片に与える水の条件がある。水分、特に試験片の暴露面状の凝縮水の存在は重要な効果を持っている。本講座(5)2. 気候の項で述べたように世界各国で降雨の状況は異なるし、一つの国の中でも気象条件が一致することはない。

雨は微量の不純物を含んでいる。不純物には、化石燃料の燃焼による有機物、硫酸化物、窒素酸化物、塩素、ナトリウム、土壌からの成分などで、地上に落ちてくる際に周囲の気体から取り込まれることが多い。通常、雨は大気中の二酸化炭素を吸収するので、pH(水素イオン指数)は6前後とやや酸性に寄っている。気象庁では世界気象機関(WMO: World Meteorological Organization)の大気バックグラウンド汚染地域観測の一環として、1976年から2011年まで大船渡市・綾里で、1996年からは南鳥島気象観測所で観測を行っている。綾里の結果は、pH4.4~5.0で観測期間中に有意の変化はないと考えられるが、南鳥島の観測結果は綾里と比較すると酸性度は弱く、1996年~2002年まではpH5.5~5.8の範囲で推移していたが、北マリアナ諸島の火山の噴火後、若干酸性度により、その後ほぼ変化がなく、2017年の降水のpHの平均値は5.33だった。大気中の変化には雨の成分は大いに変化することを注意しなくてはならないことがわかる。雨が硫酸化物や窒素酸化物を取り込むと強い酸性を示すこともあり、逆にアンモニウムやカルシウム成分を取り込むと中和されることもある。

### 6.1 水の種類

地上に降り注ぐ雨が、天然水の水質を決める。天然水は河川水、地下水、湖沼水に大別され以下にその特徴を記す。

#### (1) 河川水

これには表流水と伏流水に分けられる。表流水の特色としては、大気に触れているので、溶存酸素が飽和量近くまで溶存していて、有機物の分解を行い自然の浄化作用がある。上流に多量の雨が降った場合、多量の濁りを生じ、地下水より比較的濁りが高いが、塩類含有量は少ない。下流、特に川口近

くでは海水の逆流があり、流域の地質により溶解している塩類の種類・含有率が異なる。河川水が地下に浸透し、河川の流れて沿って流水となっている伏流水の特色としては、成分はほとんど表流水と類似しているが、水温は季節を問わずに一定で、濁りも少ない特徴がある。

#### (2) 地下水

低濁度の清澄な水が得られ、湖沼水などに比較して微生物・細菌などが少ない。水質は年間を通じてほとんど変化なく、温度変化も少ない。溶存酸素は地中の有機物の分解に消費されるので存在しない場合が多く、逆に炭酸ガスが増加し、遊離炭酸・アルカリ度が増加する。一般にその地域の河川水より、アルカリ度、硬度、シリカなどが多量に含まれていることがある。溶存酸素が存在しないため、鉄は第一鉄、マンガンは第一マンガンとして溶存しているので、採水時に大気中の酸素により酸化され、着色・懸濁される。また硫化水素、その他の有機物分解による特有な臭気を含む場合もある。

#### (3) 湖沼水

停滞しているため、太陽光線を受け微生物が活動し、河川水と比べて有機物および微生物、藻類が多く存在する。表面は自然の浄化作用が行われているが、水深により多少水質が異なることがあり、濁度成分は河川水に比較して低い。

これらの天然水を浄化して飲料水・そのほかの用途の水に使用する。飲料水としては、①水道水 ②天然水 ③ミネラルウォーター ④アルカリイオン水 ⑤海洋深層水 ⑥水素水などがあり、その概要を下記に示す。

①水道水・・・国が定めた安全基準に基づき、供給するように義務づけられている。湖や河川から取水され、浄水場において消毒されて上水道から家庭へ供給されるまでには、飲み水として安全な水にするために殺菌・消毒されるので塩素の副生成物でもあるトリハロメタンによる健康被害、カルキ臭などが問題になることもある。

②天然水・・・自然によって何年もかけて濾過されたミネラル分が豊富な水で、産地や製造方法により含まれている成分は異なり、味も異なる。不純物の含まれていない天然水

は、自然のミネラル分が豊富で、水道水のように塩素消毒されていないので、安全で栄養価が高い水と言われている。

③ミネラルウォーター・・・世界各国で考え方が違い、表示方法も異なる。日本では、「ミネラルウォーター類の品質表示ガイドライン」が決められている。

③-1 ナチュラルウォーター：単独の地下水源から採水された原水のみを原料とした飲用水。

③-2 ナチュラルミネラルウォーター：ナチュラルウォーターの内、採水地にたどり着く過程で地層のミネラルを豊富に溶解した水。

③-3 ミネラルウォーター：ナチュラルウォーターを原水とし、ミネラル調整や曝気といわれる空気による浄化を行ったもの。

④アルカリイオン水・・・整水器などによって水を電気分解した時に、マイナス極に触れている水が水素となり、その電極付近の水が水素イオンを含むアルカリ性に変化した水。

⑤海洋深層水・・・太陽の光が届かない水深 200mより深い層の水、化学物質などの汚染が少なく、光合成ができずに細菌のえさになるプランクトンの発生がなく、細菌の数も少なく、豊富なミネラルや栄養素がバランス良く含まれている。

⑥水素水・・・多くの水素が溶け込んだ水。

この内、促進耐候性試験機の水として、良く用いられるのは水道水である。

水道水には、不純物が含まれているので、試料の表面に不

純物が残ったり、析出して汚れを残したり、自然界では起きない試料変化を起こす可能性があるため、水の管理は十分に行う必要がある。

## 6.2 水道水

水道水の水質基準は、世界保健機構(WHO:World Health Organization)の基準にのっとり、日本では水道法第4条に基づいて厚生労働省令によって定められている。平成 26 年 4 月現在、51 項目が決められており、微生物・重金属・無機物質・一般有機化学物質・消毒副生成物・色・味覚・発泡・臭い・基礎的性状の各項目に基準値が規定されている。51 項目には、健康に関連する 31 項目と水道水が有すべき性状に関連する項目 20 項目に分類され、又衛生上必要な措置として残留塩素の保持が規定されている。代表的な水道水中に存在する不純物としては、①塩類：主にイオンの状態で溶解している(カルシウムや炭酸ガスなど) ②残留塩素(殺菌のために使用) ③微粒子(溶解性でない微細な砂・鉄さびなど) ④有機物(微生物などの残骸・藻類・農薬・除草剤など) ⑤電解しないガス(酸素や窒素などのガス)が含まれていることがある。社内でイオンクロマトグラフィを用いて、促進耐候性試験機に使用されている水を測定しているため、その一例を表 61 に示す。B の結果は A の水を熱して沸騰蒸発させた後の結果である。A と比較するとイオン濃度はほぼ 2 倍になっている。ケイ酸イオン濃度が減少しているのは、ケイ酸が固化し析出したものと思われる。また、C、D の結果からわかる通り、同じ水道水でも採水場所や採取時期により数値は異なるため、その管理には注意を払う必要がある。

表 61 水道水の水質分析結果

分析項目	A:水道水 (スガ試験機(株))	B:Aの水道水を沸騰蒸 発させ容量を 1/2 にした	C:水道水(A 社)	D:水道水(B 社)
塩化物イオン mgCl/l	27.2	64.9	15.3	17.9
亜硝酸イオン mgCl/l	0.0	0.0	0	0
硝酸イオン mgCl/l	8.5	20.1	6.6	2.7
硫酸イオン mgCl/l	36.8	86.8	24.2	15.6
マグネシウムイオン mgCl/l	19.0	40.0	14.6	8.7
カルシウムイオン mgCl/l	48.8	101.7	47.1	29.3
ケイ酸イオン mgCl/l	6.9	2.8	19.3	33.4
電気伝導率 $\mu$ S/cm	260	500	210	155
pH	6.8	8.2	—	—

## 6.3 水の浄化

水の汚れ具合を反映する重要な水質監視項目として電気伝導率がある。電気伝導率は物質の内部の電気の通りやすさを示す数値で、水はイオン性の不純物が多いほど大きくなる。断面積  $1\text{cm}^2$ 、距離  $1\text{cm}$  に相対する電極間にある溶液が持つ電気抵抗の逆数で表され、水の場合は  $\mu\text{S}/\text{cm}$  で表されることが多い。電気伝導率は、水温が上昇すると増加するため ( $1^\circ\text{C}$  の上昇で約  $2\%$  増加)、 $25^\circ\text{C}$  における電気伝導率表示が通例である。通常水道水の電気伝導率は約  $100\sim 200\ \mu\text{S}/\text{cm}$  で飲料水としては問題ないが、促進耐候性試験機のスプレ水として用いる場合には、試験片に対して悪影響を与えることがある。そのためスプレ水に用いても試験片に影響を与えないように水の浄化を行い、不純物の少ない水をスプレしている。電気伝導率は純水で約  $1\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 、超純水で約  $0.55\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 、海水の場合は電気を通しやすく電気伝導率が約  $50\text{mS}/\text{cm}$  といわれている。水道水の電気伝導率は浄水場の場所により異なり、同一の浄水場でも日々変化するため、各地の浄水場では定期的に水質管理を行っている。また、同じ蛇口からでも時間や季節により変化する。このため、促進耐候性試験を行うときに、水の不純物の影響を少なくするため、水を浄化して、純水を作る必要がある。純水とは、不純物を含まない純度の高い水である。純水を得るために使用する個々の方法について下記に示す。

### (1) プレフィルタ (中空糸フィルタ)

純水精製の初段に用いられる一端を閉じたストロー状の膜で、カートリッジ式で供給・使用され、膜面積を広くとれるので、不純物除去の目的で、家庭用浄水器から産業用まで幅広く使用されている。水分中に含まれる鉄分やコロイド状物質や細菌を除去し、高圧ポンプの保護、RO膜のファウリング防止<sup>(注1)</sup>、シリカスケール防止等の目的で用いる。

注1 ファウリングは、原水などの膜供給水中に存在する分離対象物質などが膜表面や細孔内に付着・堆積する現象

### (2) 活性炭フィルタ

活性炭は炭素物質を活性化して得られる内部表面積が大きな吸着力を持つ無定形炭素の一種で、現在用いられている最も一般的な吸着材である。一般に水との親和力の小さい成

分を吸着する傾向が大きい。そのため、飽和度が大きく、沸点の高い成分、水に対する溶解度の小さい成分を選択的に吸着する傾向が大きい。水道水の塩素除去、有機物の除去、嫌な臭いの除去、色素成分の除去等に用いられる。純水を作るときに用いられるRO膜が比較的塩素に弱いので、残留塩素・遊離塩素( $\text{Cl}_2$ )除去に用いる。

### (3) イオン交換樹脂を用いる方法

イオン交換樹脂は、高分子基体にイオン交換基を結合させ、水や溶液中の陽イオンや陰イオンとイオン交換できるもので、原水に含まれる鉄、ニッケル、カルシウムなどの金属(陽)を水素イオンに置き換える陽イオン交換樹脂と塩素イオン、炭酸イオン、ホウ酸イオンなどのアルカリ成分(陰イオン)を水酸イオンに置き換える陰イオン交換樹脂により脱イオン化して浄化する方法ある。図 142 に水中の陽イオンを除去する概念図を、図 143 に陰イオンを除去する概念図を示す。

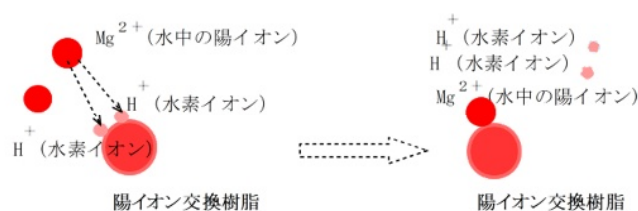


図 142 水中の陽イオンを除去する概念図

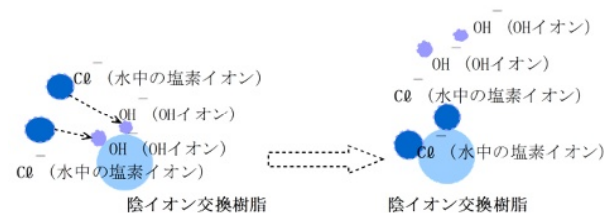


図 143 水中の陰イオンを除去する概念図

イオン交換樹脂は、①何かを吸着除去するときには必ず代わりのものが、イオン交換樹脂から出てくる ②イオン交換樹脂は相手によって好き嫌いがある ③親和性の大きいものを吸着しているイオン交換樹脂は、親和性の小さいものと交換させるとき、親和性の小さいものを多量に樹脂に接触させるとよいなどの性質を持っている。

スガ試験機(株)では、ランプ冷却水、試料スプレ水、湿度発生機の水質を管理するためTM式水フィルタSW-5G型を準備している。写真7はその写真、図144にその構成図を示す。また、表62にTM式水フィルタに通過前と通過後の水質を示す。これは原水の水質により変化するので、あくまで一例である。これをグラフにすると図145のようになる。図のように、電気伝導率・ケイ酸イオン濃度ともある採取量を超えると急激に高くなる。これは内蔵している樹脂が採取するイオンと大半が結合して、原水に溶け込んでいる不純なイオンを取り込めなくなってくるためである。この場合は、樹脂の再成又は新品との交換が必要になる。SW-5G型の樹脂量は5ℓ×2本(交互代替式)で、水路を切替えて1本ずつ使用できる為、再生交換時も連続して使用できる。

写真7 TM式水フィルタ(SW-5G型)

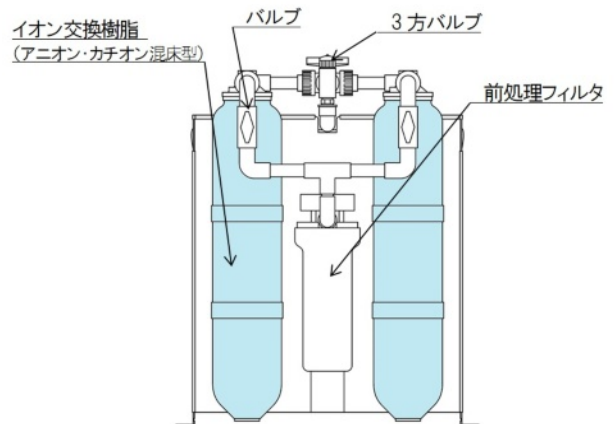


図144 TM式水フィルタ(SW-5G型)構成図

表62 TM式水フィルタ(SW-5G型)通過前後の水の分析結果

採水量(ℓ)	原水電気伝導率(μS/cm)	通過採水電気伝導率(μS/cm)	ケイ酸イオン(mg SiO <sub>2</sub> /ℓ)
0	260		
500		0.26	
600		0.28	0.32
765	265	0.35	
800		0.40	
900		0.22	0.49
1000		0.39	
1140		3.3	20.8
1200		10.0	58.2
1285	265	27.0	45.8
1400		170.0	38.8
1510		245.0	37.4

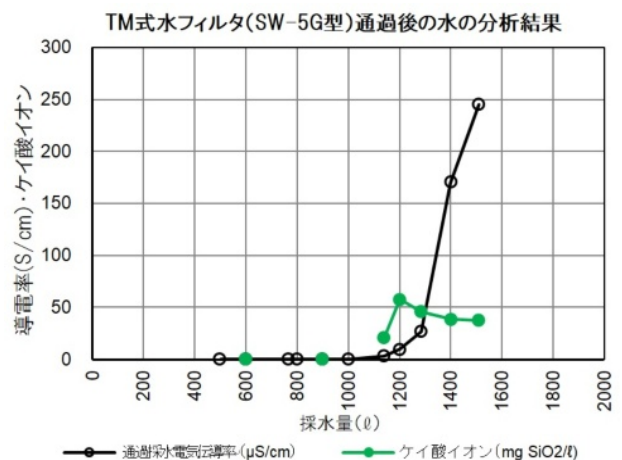


図145 水フィルタの採水量と電気伝導率・ケイ酸イオンの変化

【参考文献】

- (1) 雨の酸性度の年平均値 理科年表(気象庁ホームページ)
- (2) 水道法・水質基準に関する法令(厚生労働省)