

だ
れ
で
も
で
き
る



新版

株式会社共立理化学研究所(現会長)
岡内完治〔著〕

環境しらすべとで パツクニナスト



■ ■ ■ も く じ

まえがき	p. 4
1. 実験をするまえに	p. 6
2. パックテストについて	p. 8
3. しらべてみよう	p. 13
1 水道水の残留塩素をしらべる	p. 14
2 水道水の鉄をしらべる	p. 18
3 水道水の溶存鉄をしらべる	p. 21
4 ミネラルウォーターの硬度をしらべる	p. 24
5 井戸水のpHをしらべる	p. 28
6 井戸水の鉄をしらべる	p. 31
7 井戸水のCODをしらべる	p. 33
8 井戸水の亜硝酸をしらべる	p. 36
9 井戸水の硝酸をしらべる	p. 40
10 浄水器の水の残留塩素をしらべる	p. 43
11 氷の水の硬度をしらべる	p. 46
12 水槽の水の亜硝酸をしらべる	p. 48
13 雨水のpHをしらべる	p. 51
14 雨水の硝酸をしらべる	p. 56
15 河川・湖沼の水のpHをしらべる	p. 58
16 河川・湖沼のCODをしらべる	p. 60
17 河川・湖沼のアンモニアをしらべる	p. 64
18 河川・湖沼の亜硝酸をしらべる	p. 67
19 河川・湖沼のりん酸をしらべる	p. 69
20 川の自然浄化力をしらべる	p. 72
21 木炭の浄化能力をしらべる	p. 76
22 土壌のpHをしらべる	p. 80
23 土壌の肥料分をしらべる	p. 83
24 青菜の硝酸をしらべる（濃度比較）	p. 86
25 青菜の硝酸をしらべる（濃度算出）	p. 89
26 みそ汁のCODをしらべる	p. 92

27 アルミ鍋のアルミニウムをしらべる	p. 98
28 ハム・ソーセージの亜硝酸をしらべる	p.102
29 炭酸飲料のりん酸をしらべる	p.106
30 牛乳のりん酸をしらべる	p.110
31 もやしのりん酸をしらべる	p.113
32 かまぼこ・ちくわの過酸化水素をしらべる	p.115
33 お風呂・プールの水をしらべる	p.117
34 食器の合成洗剤の残留をしらべる	p.119
35 洗髪したシャンプーの残留をしらべる	p.121
36 洗濯のすすぎ水の合成洗剤をしらべる	p.123
37 タンス・学習機のホルムアルデヒドをしらべる	p.126
38 工場排水をしらべる	p.130
■ はやわかり用語解説	p.132
■ 参考文献	p.138
■ あとがきにかえて	p.139

■ パックテストの種類 …… 測定項目一覧

- 記載されている製品は、海水では使用できない場合があります。詳細は弊社までお問い合わせください。
- 記載されている製品の大部分は、少量の化学薬品を使用しています。製品内の使用法を必ず読んで、取扱いには十分ご注意ください。
- 記載されている製品、特に試薬類は使用法に従い、乾冷暗所に保管してください。
試薬は、熱(密閉車内・熱源の近くなど)、湿度、光(直射日光)等により劣化します。特に、夏場や梅雨時には保存状態により、数日で試薬が劣化することもあります。パックテストで保存袋が同封されている製品は乾燥剤とともに保存袋に入れ、しっかりチャックをしめて、早めにご使用ください。特に、グローブなどで小分けして使用する際には十分ご注意ください。(パックテスト標準タイプ、徳用セットは5本ずつラミネート包装してあります。)また、長距離輸送については、航空機を推奨しています。
- 有効期限を厳守してご使用ください。有効期限は外箱に記載しています。
- SDSは、弊社ウェブサイトからもダウンロードできます。
- 記載されている製品は、水質分析用として販売しています。その他の用途には使用しないでください。
- 記載されている製品の仕様・製品名・写真・使用法は、現在とは異なる場合があります。
- **パックテスト® デジタルパックテスト®** は、(株)共立理化学研究所の登録商標です。

■ ■ ■ ま え が き

環境問題がこれだけ身近に、そして深刻になった時代はかつてありませんでした。

環境ホルモン、PCB、ダイオキシンなどによる汚染は決して他人ごとではありません。毎日飲んでいる水、食べている食品、一時も欠かすことのできない空気などが、さまざまな化学物質に汚染されている、といわれています。

毎日のように報道されている記事を見ていると恐ろしくなりますが、ただ単に恐れているだけでは問題は解決しません。正しい知識と、対処の方法を知る必要があります。

現在社会問題になっている化学物質は含有量が極めて低いレベルで毒性を現わします。たとえば、ダイオキシンの量を表わすのに使われている1ピコグラムは0.000000000001グラム、1兆分の1グラムです。10トンダンプカーに砂を満載していたとして、その中の1粒の砂にも満たない量を表わす単位です。これは最新の測定器を用いて、専門の技術を持った専門家にしか濃度を測定することはできません。

もちろん、現在の環境化学物質汚染は、このようなごく微量で強毒性の化学物質だけが問題であるわけではありません。私たちのごく身近に存在する、二酸化炭素が地球の温暖化を引き起こす問題物質になったり、自動車の排ガスから出るチッ素酸化物が深刻な大気汚染を引き起こしています。また、河川や飲料水の中にも数多くの問題になる化学物質が含まれています。

これらの物質のすべてが化学分析の専門家にしか測定できないか、という決してそういうわけではありません。一般市民にもできる簡易分析という分析方法があります。

長さを測るときにも、精密に測定するにはマイクロメーターという道具を使いますが、一般的には30センチのモノサシ、少し長いものなら5メートル程度の巻尺を使うのではないのでしょうか。化学分析でいうと、モノサシや巻き尺が、簡易分析ということに

なります。

この本は、この簡易分析器具を使って身近な環境中にある化学物質、あるいは元素を測定する人のための入門書です。簡易分析器具として、おもにパックテストを用いています。その操作は簡単で、比色分析法によって、その場で概略値が得られます。

簡易測定で身の回りの大気や水、食べ物をいろいろ分析してみると、今まで新聞、テレビで知るだけだった環境問題が、急に身近なものになります。環境中の物質の濃度を自分で測定することで、化学や環境への関心や知識を身につけることができます。

本書は、小学生から大学生、環境や食品問題に関心をもつ市民の方々、学校教育や社会教育の場で化学教育や環境教育に携わる方々が、やさしく楽しく実験できる生活に身近な対象をとりあげました。

台所は化学の実験室、近くの河川は環境の実験室です。この本で紹介した実験のいくつかを体験することで、化学への興味・関心が育つきっかけになれば幸いです。また、大気や水、食品などの環境分析・測定が、私たちが安全・安心してすめる生活環境を作ることに役立てば望外の喜びです。

1

実験をするまえに

■この本の使い方

実験を始める前には、実験の目的を明確にし、準備を万全にしておく必要があります。この本は、以下のような構成で書いてあります。

- 実験の名称**……目次からやってみたい実験項目を選んでください。
- 測定項目**……測定する対象です。
- 測定方法**……測定の方法です。

しらべてみよう!……何の測定を、何の目的で実験するか、実験の目的だけを書きました。言葉の説明などは、【参考】の項目をご覧ください。

- 実験材料**……実験に必要な道具の説明です。
- 前処理・準備**……固形のを水に溶かしたり、測定を妨害する物をあらかじめとりのぞくなどの前処理が必要な実験もあります。
- 実験**……実験のほとんどは、パックテストを使用したものです。測定項目によってパックテストの操作手順が違うものもありますので、イラストの説明にしたがってください。

【測定結果の予測】……実験試料によって、得られる値はさまざまですが、測定結果の概略は推定できますので、その概略値、結果の予想を書きました。

【測定結果の生かし方】……この結果が環境にどのような影響を及ぼすのか、私たちの暮らしにどう関係しているのかを解説しました。

【解説】……用語の解説、一般知識の説明。

【豆知識】……実験に関係する身近な話題を取り上げました。

【参考】……実験をした方からよく出る質問や、実験をおもしろくする実験材料の選び方、言葉の補足、その他の資料をばあいによってはかなり専門的に紹介しました。

用語の説明

単位……基本的にミリグラム/リットルで表示してあります。100万分の1の濃度で、ppmに相当します。

温度……実験をするときの水温は15～25℃程度を基準としています。

比色……頻繁に使われる言葉です。パックテストは色の変化で水の中の物質の濃度を表わします。変化したパックテストの溶液の色を標準色と見くらべ、同じ色、あるいは似た色をさがします。この作業を比色と呼び、この分析方法を比色分析法といいます。

きれいな水……測定範囲を超えた試料をうすめるときに使用したり、容器を洗ったりするときを使用します。蒸留水が望ましいのですが、なければ水道水でも可能です。ただし、蒸留水と断っているばあいは、水道水では代替できません。

きれいな容器……試料を分けたり、保存したりするときを使用します。水道水でよく洗った後、蒸留水ですすぎ、乾燥させます。蒸留水がないばあいには水道水でよく洗い、乾燥させます。

「きれいな」の誤解……見た目はきれいでも洗剤の残りや有機溶剤などが残留しているばあいがあります。結果に大きな影響を及ぼしますので注意してください。

用 具

- パックテストに吸い込むときの容器……50～100ミリリットル程度のビーカー。ガラスのコップでもよい。
- 試料を保存する容器……50～100ミリリットル程度のポリビンなど。500ミリリットル～2リットルの容器はきれいに洗ったペットボトルなど。
- メスシリンダー……液量を測る。計量カップ、メスカップでもよい。
- メススポイト……1～2ミリリットル程度の液量を測る。
- はかり……1グラム程度を測れるもの。台所で使用するはかりなどでもよい。

2

パックテストについて

■パックテストについて

この本では、測定器具としてパックテストを使用します。パックテストはポリエチレンのチューブでできていて、なかに調合された試薬が1回分封入されています。

使用するときにはチューブ先端のラインを引き抜いて、しらべたい水をスポイトのように吸い込みます。試薬が溶け、色が変化しますので、付属の標準色とくらべて濃度を判定します。だれでも、どこでもできる簡易分析器具です。

●パックテストの型式・測定範囲について

パックテストは、たくさんの種類があります。おなじ項目でも測定範囲が異なったり、測定方法が違うものがあります。型式、測定範囲は、パックテストの説明書などに書いてありますので、確認してから使用してください。型式の最後に（D）の記号が付いたものは低濃度用、（C）や（H）の記号が付いたものは高濃度用です。

■簡易分析について

簡易分析は一言でいえば「簡単な化学分析法」のことで、だれでも、どこでもできる化学分析法です。だれでも、どこでもできるということは、

- 操作が簡単
- 安全
- 小型軽量
- 安価

- 結果がその場で得られる。

などの特長があげられます。その場で結果が得られることで、多くの専門家に使用されていますが、専門知識がなくても扱えるので、学校教育や社会教育の場で教材として使われています。また、大勢の人が同時に測定できる、という利点から市民の測定運動にひろく使われています。

しかし、

- 濃度読み取りに個人差が生じる。
- 細かい数値が読み取れない。
- 誤差を生じる妨害物質が多い。

などの欠点ももっているため、公式の測定値としては認められません。これらの利点と短所を理解した上で、利用してください。

■パックテストの特長

パックテストは簡易分析器具ではありますが、分析の原理の多くはJIS（Japan Industrial Standard：日本工業規格）の試験方法（JIS K0101＝工業用水試験方法、JIS K0102＝工場排水試験方法）や上水試験方法などに準拠し、化学的に確立された分析方法で、これを利用した多くの論文が発表されています。共立理化学研究所が開発・発売してからすでに30年以上の実績があり、公官庁、研究所、工場などで広く使用され、最近は、環境意識の高まりとともに市民による環境調査、学校教材として広範囲に使われるようになってきました。

2010年4月現在、63種類のパックテスト（WAK形式だと61種類、があり、おもに3つの分野で使われています。

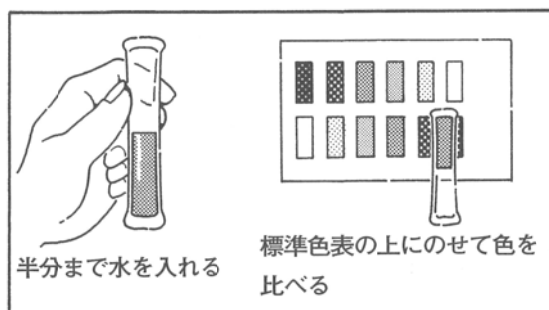
- 工場排水の簡易検査、水質管理……重金属類、CODなど。
- 飲料水の簡易検査……井戸水、水道水の残留塩素、硬度、鉄など。
- 教材、環境調査……河川、湖沼、雨などの水質測定など。

■測定項目の名称

水中でイオン化しているアンモニア、亜硝酸、硝酸、りん酸、鉄は、正しくは、アンモニウムイオン、亜硝酸イオン、硝酸イオン、りん酸イオン、鉄イオンと表示すべきですが、パックテストでは煩雑さを避けるため、イオン表示を省略しています。本書でもそれに従いました。

■バックテストの操作のコツ

- バックテストに吸い込む水は、約半分まで入れてください。
- バックテストを強くつまんだまま穴の部分の水の中に入れ、指をゆるめて3つ数えるとうまく吸い上げられます。
- 比色するときは、標準色表の白い部分にバックテストの穴をあけていない方を置き、穴をあけた方を指で少し持ち上げ、ずらしながら上から色をくらべてください。標準色表から持ち上げるとバックテストの中の発色した水の色が薄く見えてしまいます。
- 温度が低くて、ポリエチレンのチューブが硬くなり、うまく水が吸い込めないときは、チューブを少し温めると柔らかくなります。



■使用上の注意

まず、測定の前後はかならず手を洗いましょう。ただし、石けんや洗剤を使ったときはよくすすいで洗い流してください。

●厳禁

- 少量ですが化学薬品が含まれています。劇物・毒物は使用していませんが、pHの高いもの（アルカリ性）、低いもの（酸性）があり、特にバックテストCOD、COD(D)、アンモニウムは強アルカリ性で目に入ると危険です。使用前、使用後とも、バックテストの中の試薬は絶対にポリチューブから出さないでください。

●保管方法

- 幼児の手が届かない、乾冷暗所（冷蔵庫は幼児にも手が届くことが多いのでおすすめできません）、光があたらない机の引き出しの中などに保管してください。

●有効期限

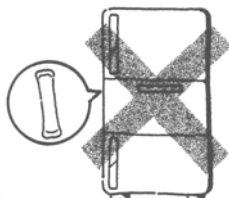
- 有効期限は製造よりほぼ1年間（種類によっては2年間）です。有効期限は箱などに表示されていますので、それまでに使ってください。有効期限後は正常な発色にならない場合があります。
- パックテストの入っているラミネート包装を開封後は、できるだけ早く使ってください。乾燥剤が入っているものは、夏場の暑さや梅雨の湿気などで、保存状態により、数日で試薬が劣化することもあります。

●使用後の処理

- 使用後は、押し潰さないでください。穴から溶液が出る可能性があります。ラインをポリチューブ先端の穴に戻すと、溶液がもれなくなります。
- 使用済みのパックテストは、必ず紙に包んで、「燃えるゴミ」として処分してください。なお、分別収集などで燃えるゴミとして出せない時には、「燃えないゴミ」で処分してください。（パックテストのポリチューブはポリエチレンでできています）



絶対に液を出さない



冷蔵庫には入れない

●手や目などについたとき

- 溶液が目に入ってしまったら→すぐ水道の流水で目を洗い、よく洗い流してください。
- 溶液を飲み込んでしまったら→水、あるいは牛乳をたくさん飲み、吐き戻してください。
- 溶液が手に付いたら→すぐ手を洗ってください。

以上の処置をした後、場合によっては医師の診断を受けてください。

■測定結果の記録法

河川・湖沼など、水環境にはそれぞれ、特徴がありますし、汚染の原因もさまざまです。身近な水環境の汚染の状態・原因を知ることが、水環境をきれいにするための活動の第一歩です。

川の上流から下流、支流、本流などの水をしらべて、川の全体の状態が把握できるマップを作るのも方法です。マップにするときは、測定数値を色や、丸の大きさなどにして表示すると一目でわかります。

各地点の1日の時間変動、週間変動、月間変動、季節変動、年変動、気象変動などを加味していくと貴重な記録マップができあがります。

私たちの身近にある川や湖沼などの汚染の状態を知り、改善の方法を考える上で、市民の測定調査が大変重要です。

測定値をデータとして残す場合には、たった1回の測定値よりも確認のために2～3回測定し、その平均を求めるとにしましょう。

それからもう一つ。測定値とともに使用した測定器も必ず記録してください。例えば「パケットテストによる」など。

【情報】

〈パケットテスト10本箱入りセット〉
10回分測定できる各種パケットテストがあります。



3

しらべてみよう



1

水道水の残留塩素をしらべる

しらべてみよう！ 塩素は、水の中の細菌を殺して安全な飲料水をつくる反面、カルキ臭があるため、おいしさも殺してしまっています。水道水中の残留塩素をしらべ、安全性とおいしさをとりもどす方法を考えてみましょう。

□測定項目 残留塩素

□測定方法 DPD（ジエチル-*p*-フェニレンジアミン）比色法

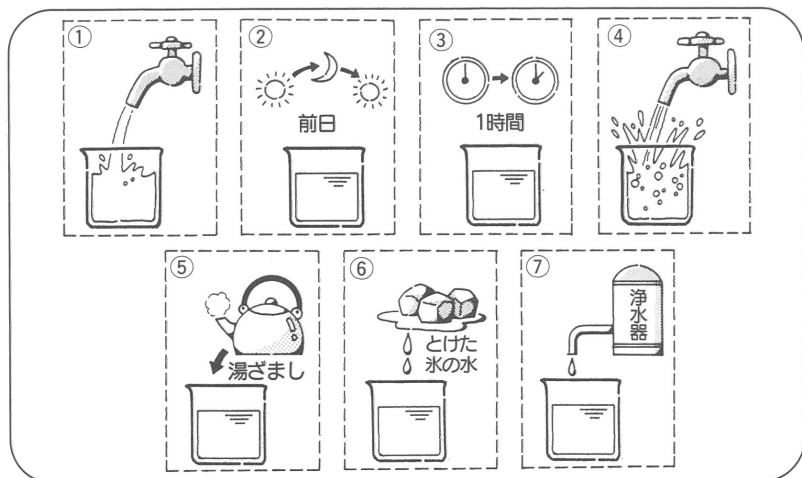
□実験材料

① パックテスト

残留塩素 WAK-CIO・DP 測定範囲0.1～5 ミリグラム/リットル

② 試料

- ①採取後すぐの水道水
- ②前日採取した水道水
- ③1時間前に採取した水道水
- ④蛇口から勢いよく泡を立てて採水した水道水



- ⑤湯ざまし
 - ⑥水を溶かしたもの
 - ⑦浄水器を通したもの
- ③きれいな容器 試料の数だけ

□実験

1 試料をそれぞれの容器に半分以上入れて並べます。

2 パックテストに吸い込みます。

3 10秒後に比色します。

* 残留塩素WAK-CIO・DPの使用上の注意=10秒後に比色してください。時間が経つと、しだいに色が濃くなってきます。指定時間以後の色は無効です。

4 記録用紙に結果を記録します。

【測定結果の予測】

日本の水道水の残留塩素の量は、0.4~1.0ミリグラム/リットル (= ppm) の範囲が多い。

採取したての水道水ほど残留塩素の濃度が高く、放置すると水中で分解したり空中へ放出したりして濃度が低くなっていきます。

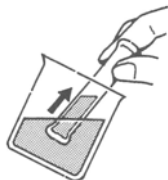
パックテストの使い方



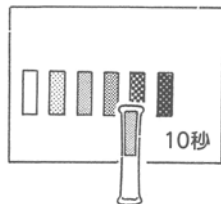
①チューブ先端のラインを引き抜く



②指で強くつまみ中の空気を追い出す



③そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分ぐらい吸い込む



④よく振りまぜ10秒後に比色する

【測定結果の生かし方】

日本では水道の栓をひねりさえすれば、安全な水を得ることができます。それは浄水場で処理をした水に消毒用の塩素を入れて殺菌しているからです。水道法による残留塩素の水道水中の基準値は0.1ミリグラム/リットル以上と決められています。決められた量の残留塩素が入っているでしょうか。

実験から、水道管から出たてが一番多く、放置すれば少なくなるということがわかったと思います。みんなで残留塩素を追い出す方法を考えてみてもおもしろいでしょう。

①沸騰させる方法。②ミキサーにかけて塩素を追い出す方法。③活性炭を使うなどの方法があります。この方法の効果の測定にもチャレンジしてください（【木炭の浄化能力をしらべる】77ページ参照）。

【参考】

- 浄水場では原水中に含まれる有機物などを塩素で処理しています。この時に塩素と有機物が反応して発がん性物質のトリハロメタンなどが生成されてしまいますので、原水である川の水を汚さないことが大切です。
- 浄水場で処理を終えた水は、殺菌を目的に塩素が添加され、これが残留塩素として水道水に含まれるわけです。残留塩素は有機物を分解しますが、この時に残留塩素自身も消費されてしまいます。したがって、水道水に残留塩素がないばあいには、どこかで有機物（汚れの原因）と遭遇した可能性があると考えられます。
- たとえば、マンションや高層ビルでは受水槽でいったん水道水を溜めるので、受水槽が汚れていると、水道水中の残留塩素が消費されてしまいます。まったく残留塩素が検出されない水道水は一度検査を試みる必要があります。
- 水道水の原水は多くは河川の水です。河川の汚染はそれぞれの家庭からの排水の影響によるものが大きいことを自覚するようにしてください。河川の水を汚すことは、けっきょく、水道水を汚すことになるのです。

【豆知識】

- 残留塩素は人為的に添加されている化学物質で、井戸水などにはありません。
- カルキは、オランダ語で石灰のことで、石灰に塩素を吸収させたのがさらし粉です。
- カルキ臭とは、さらし粉の臭いのことです。
- 水道の消毒に塩素を使用していない国もあります。
- 残留塩素は水槽の熱帯魚や金魚に悪い影響を及ぼします。水槽に水道水を入れるときには残留塩素を除去してからにしてください。1日汲み置きしておくとう塩素は抜けます。
- 一晩、流れの止まった水道水は水道管の金属が溶出したり、管内の蓄積物で残留塩素が消費されていることがあります。朝の最初の水は、バケツに10杯ほどためて、洗い水や、庭の打ち水などに使ったほうがよいでしょう。
- 夏休みなどで長期間使用しなかった学校の水道の出し始めの水は、飲み水にしないで、手や顔の洗い水、校庭の打ち水などに使いましょう。

2

水道水の鉄をしらべる

しらべてみよう! 色のついたにごった水が水道から出ることがあります。鉄分だといわれていますが、あの固い鉄が水道水で溶けるといのは、ほんとうでしょうか？ 水道水の鉄をしらべてみましょう。

□測定項目 鉄

□測定方法 還元・*o*-フェナントロリン比色法（高濃度用）

還元・バソフェナントロリン比色法（低濃度用）

□実験材料

①パックテスト

鉄 WAK-Fe 測定範囲0.2～10ミリグラム/リットル

鉄 WAK-Fe (D) 測定範囲0.05～2ミリグラム/リットル

10%希硫酸（別売品は＝型式WAS-D-SO₄……600円）

②試料

赤水（^{あかみず}解説参照）が出たときに、ペットボトルなどに保存しておきます。500ミリリットル程度のペットボトルなどに入れて栓をし、しっかりし、暗い温度の低い場所に保存します。

対照として、鉄分が含まれていない水（市販のミネラルウォーターを使用）

③器具

きれいな容器 試料の数＋1

加熱具 小さな電熱器、ガスコンロなど

□実験

①採取した赤水をガラスピーカーに20ミリリットル程度入れます。容器の底に鉄分が沈殿しているのでよく攪拌してから容器に注ぎます。

②10%希硫酸を2～3滴加え、沸騰近くまで加熱します。この時

どのように変化するか、目でも確かめておきます。

3 沸騰したら、すぐ冷却し、常温になったらパックテストに吸い込みます。

4 2分後に比色します。

5 記録用紙に結果を記録します。

6 残った水は強い酸性になっていますので、廃棄するときには中和するか多量の水で希釈するか、あるいは廃棄物処理業者に委託してください。

【測定結果の予測】

無色透明の水は………0～0.5ミリグラム/リットル。

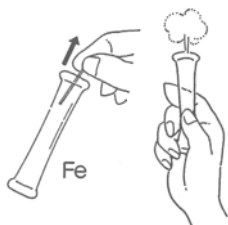
着色していた水は………0.5～10ミリグラム/リットル。

この範囲内に入ることが多い。

【解説】

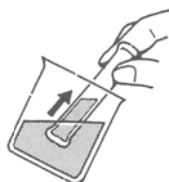
赤水は、少し黄色みがついたり、茶色い色がついた水道の水ですが、鉄錆や鉄が水に溶けて変化したものです。水道法の水道水中の鉄分の基準値は、0.3ミリグラム/リットル以下です。鉄は鉄管などから

パックテストの使い方

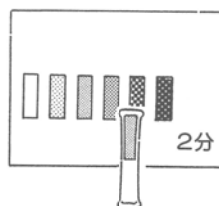


① チューブ先端のラインを引き抜く

② 指で強くつまみ中の空気を追い出す



③ そのまま小穴を検水の中に入れ、スロイト式に半分ぐらい吸い込む



④ よく振りまぜ2分後に比色する

溶け出て水の中で変化し、一般に次のように分類されます。

鉄：水中に溶存している鉄、および錆など不溶性のもので酸により加熱溶解する鉄。

溶存鉄：水中に溶存している鉄*。

第一鉄イオン：水中に第一鉄イオン (Fe^{2+}) として溶存している鉄 (『上水試験方法』2001年版)。

*水中に溶存している鉄は、水のpHによって大きく変化します。

水のpHが中性以上だと時間の経過とともに、大部分が沈殿してしまい溶存鉄はなくなってしまいます。

【参考】

溶存鉄の標準液を蒸留水で作るとき、あるいは希釈してそのまま放置しておくとし殿してなくなってしまうので、長期間保存するときには、希硫酸などを添加して、弱酸性にして保存します。

3 水道水の溶存鉄をしらべる

しらべてみよう! 蛇口から出たての水道の水の中に溶存鉄が含まれているかどうかをしらべてみましょう。

-
- 測定項目 溶存鉄
 - 測定方法 還元・*o*-フェナントロリン比色法（高濃度用）
還元・バソフェナントロリン比色法（低濃度用）

□実験材料

①パケットテスト

鉄 WAK-Fe 測定範囲0.2～10ミリグラム/リットル

鉄 WAK-Fe (D) 測定範囲0.05～2ミリグラム/リットル

②試料

汲み立ての水道の水

③器具

きれいな容器

□実験

- 1 試料を容器にうつします。
- 2 パケットテストに吸い込みます。
- 3 2分後に比色します。
- 4 記録用紙に結果を記録します。

【測定結果の予測】

無色透明の水……………0～0.05ミリグラム/リットル。

着色している水……………予想がつけにくい。

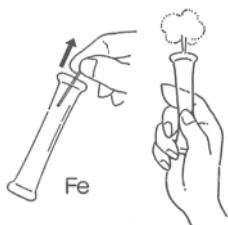
【参考】

- 溶存鉄の形でないばあいでも、パックテストの中に入れてから、試薬と反応して溶けて発色する鉄もあります。
- パックテストに吸い込んで30分間放置してから比色すると、鉄（19ページ参照）の概略値が得られます。
- 第一鉄イオンのみを測定したいばあいには、WAK-Fe²⁺ (D) (測定範囲0.1～2.5ミリグラム/リットル)を使用します。やり方は、溶存鉄と同じです。

【豆知識】

- マンガンが多いと水が着色している割には鉄分が少ないことがあります。
- pHが中性以上では鉄は水に溶けません。溶けていた鉄も沈殿してしまいます。
- 朝一番の水道水には鉄分だけではなく、他の金属も夜中に溶け出している可能性があります。
- 鉄分が溶けているときには色がついていても透明で、濁って見えるときは、沈殿物があります。

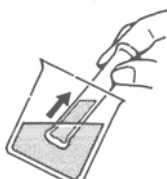
パックテストの使い方



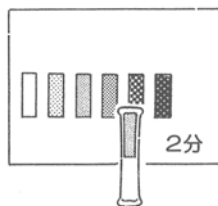
① チューブ先端のラインを引き抜く



② 指で強くつまみ中の空気を追い出す



③ そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分くらい吸い込む



④ よく振りまぜ2分後に比色する

- 水が濁っているばあいには、〈何か混ざっている〉あるいは〈沈殿物がある〉とありますが、色がついていても透明ならば〈溶けている〉といたします。
- 鉄は人体にとって必須栄養元素で、1日に7～48ミリグラムが必要です。飲料水に少々含まれても体への悪影響はありません。ただし、0.5ミリグラム/リットル以上あると金属味（金気＝かなげ）がして、おいしくありません。また、洗濯物に色がつくことがあります。
- 鉄分が多い水で日本茶を入れるとお茶が黒っぽくなり、おいしくありません。お茶から出るタンニンは鉄と化合して黒い沈殿物を作りますが、これが黒インキの原料です。
- 鉄びんでお湯を沸すと鉄分が補給されて健康にいいという説がありますが、必要量を鉄びんのお湯から補給するのはなかなか大変です。
- 水道水は赤水だけではなく、白い水（亜鉛）、青い水（銅）、黒い水（マンガン）が出る場合があります。おいしくないだけでほとんど健康に影響しません。

4

ミネラルウォーターの硬度をしらべる

しらべてみよう！ たくさんの種類のミネラルウォーターが販売されています。多くは湧水場所を売り物にしていますが、成分の宣伝はしていません。硬度（水の中に溶けているカルシウム、マグネシウムの量）をしらべてみましょう。

測定項目 硬度

測定方法 PC（フタレインコンプレクソン）比色法

実験材料

①パックテスト

全硬度 WAK-TH 測定範囲0～200ミリグラム/リットル

②試料

市販されているミネラルウォーター数種類（*要点=異なった測定値を示した方がおもしろいので、硬度の違う商品を組み合わせて実験する）

国産品……おおむね硬度が低い。

輸入品……硬度が高い。

③器具

きれいな容器 ミネラルウォーターの数+1（水道水とくらべます）

紙コップ（飲みくらべてみましょう）

実験

① ミネラルウォーターをそれぞれの容器に入れて並べます。

② パックテストに吸い込みます。

③ 30秒後に比色します。

④ 記録用紙に結果を記録します。

【測定結果の予測】

日本のミネラルウォーターはおおむね10～100ミリグラム/リット

ル。輸入品は100ミリグラム/リットル以上が多い。

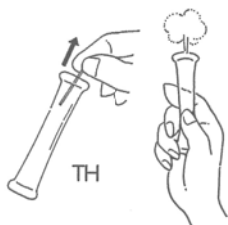
【解説】

- 全硬度とは水中のカルシウムイオン (Ca^{2+}) とマグネシウムイオン (Mg^{2+}) の量を、これに相当する炭酸カルシウム (CaCO_3) の量に換算して表わしたものです。
- この他、硬度を表わす表示にはカルシウムとマグネシウムを別々に表わしたカルシウム硬度とマグネシウム硬度があります。
- 沸騰すると下がる硬度を一時硬度、沸騰しても下がらない硬度を永久硬度とわけるばあいもあります。
- バックテストでは全硬度といますが、総硬度と呼ぶばあい（上水試験方法）もあります。まったく同じです。

【豆知識】 =硬水と軟水の違い

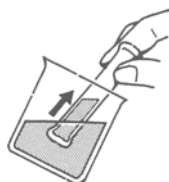
- 軟水＝硬度の数値の低い水のことをいいます。日本の多くの飲料水は硬度10～100ミリグラム/リットル以内に入り、軟水です。
- 硬水＝おおむね150～200ミリグラム/リットル以上を硬水といえます。
- 日本の水道法の基準では、全硬度は300ミリグラム/リットル以下

バックテストの使い方

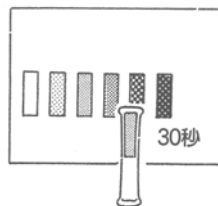


① チューブ先端のラインを引き抜く

② 指で強くつまみ中の空気を追い出す



③ そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分ぐらい吸い込む



④ よく振りまぜ30秒後に比色する

とされています。

実際の生活で、硬水と軟水にはどのような違いがあるのでしょうか。つぎのようなしらべかたがあります。

【飲みくらべる】

いろいろな水を飲みくらべてみましょう

- 軟水……舌ざわりがなめらかで飲んで抵抗感がありません。コクがありません。
- 硬水……舌に残る感じが重く、飲み応え、コクがあります。
- 適当な硬度が「おいしい水」の条件の一つになります。

【石けんの泡立ち】

- 同じ大きさのペットボトルの容器を数本集めます。
 - 各種のミネラルウォーターを各ペットボトルに同じ量だけ入れます。
 - 同じ量の石けん（中性洗剤ではなく石けんが望ましい）を加えて、上下に同じ回数ふって、よく攪拌します。
 - 静置後、泡の高さを測ります。
- 軟水……よく泡が立ち、汚れ物もよく落ちます。
- 硬水……泡が立ちにくく、石けんの効果がうすく、汚れが落ちません。

【調理してみる】

軟水、硬水の言葉の語源は、豆が軟らかく煮える水と固くなってしまいう水からきてるとされています。硬度は英語でもHARDNESSといえます。

- 豆腐などは軟水で作った方がおいしくなります。
- 肉は硬水で煮た方がアクが出やすく、おいしくなります。
- 日本茶は軟水の方が色もきれい、渋みが出て日本茶らしさができます。硬水だと色も渋さもできません。
- やかんの^{かんせき}缶石（やかんの縁に白く付くもの）は硬水の方が多くつきます。
- 海外では高い硬度のところがあり、たくさん飲むと下痢をします。

- 硬度は沸騰させてもあまり変化しません。

【参考】

- 日本では現在50種類以上のミネラルウォーターが販売されているといわれています。
- 現在販売されているミネラルウォーターには成分表示はされていますが、硬度の表示は統一されていません。
- 成分量の硬度への換算は次のようにします。

【カルシウム—24.0、マグネシウム—5.7（1リットル中の数値）の表示の商品のばあい】

$$\text{カルシウム硬度} = 24.0 \times 2.5 = 60.00 \rightarrow 60$$

$$\text{マグネシウム硬度} = 5.7 \times 4.1 = 23.37 \rightarrow 23$$

全硬度 = カルシウム硬度60 + マグネシウム硬度23 = 83 となります。

■ ミネラルウォーターの硬度（1リットル中のおおよその値）

● 国産品

「安曇の山水」 ……………11ミリグラム/リットル

「富士山のおいしい水」 ……26ミリグラム/リットル

「南アルプスの天然水」 ……32ミリグラム/リットル

「六甲のおいしい水」 ………80ミリグラム/リットル

● 輸入品

「VOLVIC」 ……………21ミリグラム/リットル

「EVIAN」 ……………279ミリグラム/リットル

「VITTEL」 ……………656ミリグラム/リットル

「CONTREX」 ……1560ミリグラム/リットル

● 各国の硬度

日本の硬度（=アメリカ） CaCO_3 ミリグラム/リットル

ドイツの硬度 = CaO ミリグラム/100ミリリットル

ドイツの硬度を約18倍すると日本の硬度になります。

このほかフランス硬度、イギリス硬度の表示もあり、外国製品はどの表示方法か確認してから硬度換算をして比較してください。

5 井戸水のpHをしらべる

しらべてみよう! みかけると、なぜかなつかしくなる井戸ですが、井戸水がどんな状態にあるか、井戸水のpHをしらべてみましょう。

- 測定項目 pH (ピーエイチまたはペーハー)
- 測定方法 pH指示薬 BTB (プロモ チモール ブルー) 法
- 実験材料

① パックテスト

pH WAK-BTB 測定範囲pH5.8～8.0以上

② 試料

別々の井戸から汲み上げた井戸水

③ 器具

きれいな容器 井戸水の数+1 (水道水とくらべます)

□実験

- 1 井戸水をそれぞれの容器に半分以上入れて並べます。
- 2 パックテストに吸い込みます。
- 3 20秒後に比色します。
- 4 記録用紙に結果を記録します。

【測定結果の予測】

日本の井戸水は、おおむねpH5～9。

【解説】

昔から飲んでいるから大丈夫、といっても安心できません。地震による地下水脈の変化、河川の氾濫、大きな工事、井戸の近くの下水管の破損などで、井戸水が変化する危険があります。

井戸水のpHの値は水の性質を知る上で重要な要素です。たとえば、近くで大きな工事がおこなわれた後に井戸水がアルカリ性になるばあがあります。工事に使われたセメント、コンクリート、土砂を固めるための水ガラスなどは強いアルカリ性ですので、それが井戸水に流れ込んだと考えられます。

パックテストによる簡易測定だけで「安心して飲める」とはいいい切れませんが、1項目でもあやしい数値が出たら、精密検査をしてから飲んだほうが安心です。

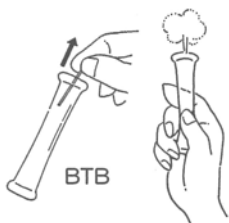
pH（ペーハーあるいはピーエイチ）とは酸性かアルカリ性かの程度を0から14までの数値で表わしたもので、水素イオン濃度を表わす単位です。7が中性、数値が小さいほど酸性が強く、数値が大きいほどアルカリ性が強いことを示します。

正確な定義は、 $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ 。[H]は水中の H^+ （水素イオン）のモル濃度[M]ですが、一般には、酸性・アルカリ性の程度を示す尺度と考えてください。

【豆知識】

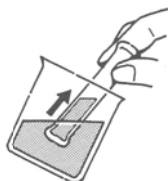
- 水道法による水道水のpHの基準値は、pH5.8～8.6です。
- pH試験紙では、正しいpHを測れないことが多い。

パックテストの使い方

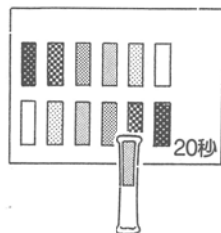


① チューブ
先端のライ
ンを引き抜
く

② 指で強くつ
まみ中の空気
を追い出す



③ そのまま小穴を検
水の中に入れ、スポ
イト式に半分ぐらい
吸い込む



④ よく振りまぜ20秒
後に比色する

- pH試験紙は、ろ紙にpH指示薬を滲み込ませた測定紙ですが、このろ紙自体が特有のpHを持っているため、しらべたい水がこのろ紙自体が持っているpHを変化させるだけの力（緩衝能力）を持っていないと、ろ紙自体のpHを示してしまい、正しいpHを測ることができません。
- 弱酸性の井戸水のばあい、鉄管が錆びやすいので赤水が出やすいとされています。

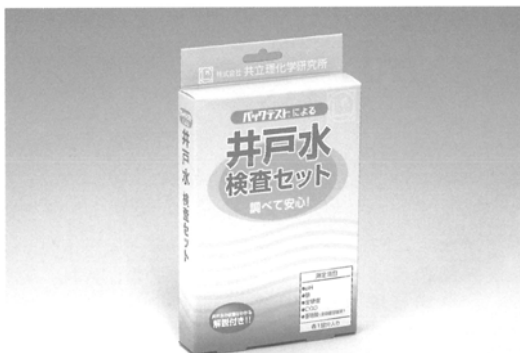
【参考】

- 採水した井戸水を空気中に長時間放置するとpHが変化することがあります。
- 深い井戸などで炭酸ガスが多く含まれている井戸水は、最初は酸性の水でも、長時間放置すると炭酸ガスが抜けてpH5.6程度に落ち着きます。
- 逆にアルカリ性の強い井戸水でも、放置しておくとなんか中性付近に落ち着きます。
- 蒸留水に炭酸ガスが溶けて飽和すると、pH5.6程度を示します（【酸性雨】51ページ参照）。

【情報】

〈井戸水検査セット〉

硬度、COD、亜硝酸、鉄、pHのバックテストがセットになっています。



6 井戸水の鉄をしらべる

しらべてみよう! 井戸水を使っているところもあります。井戸水に鉄分が多くなると、金属味（金気=かなげ）が強くなって飲用に向かなくなります。井戸水の中の鉄をしらべてみましょう。

□測定項目 鉄

□測定方法 還元・o-フェナントロリン比色法（高濃度用）
還元・バソフェナントロリン比色法（低濃度用）

□実験材料

①パケットテスト

鉄 WAK-Fe 測定範囲0.2～10ミリグラム/リットル

鉄 WAK-Fe (D) 測定範囲0.05～2ミリグラム/リットル

②試料

別々の井戸から汲み上げた井戸水

汲み始めの井戸水と、何回か汲み上げた後の井戸水

③器具

きれいな容器 井戸水の数+1（水道水とくらべます）

□実験

1 井戸水をそれぞれの容器に半分以上入れて並べます。

2 パケットテストに吸い込みます。

3 2分後に比色します。

4 記録用紙に結果を記録します。

【測定結果の予測】

無色透明の水は……………0～0.5ミリグラム/リットル。

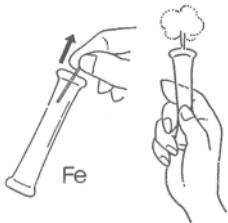
着色していた水は……………0.5～10ミリグラム/リットル。

この範囲内に入ることが多い。

【豆知識】

- 汲み上げた最初の井戸水と、たくさん汲み上げた後の井戸水とを分けて採水してみると、汲み上げた最初の水はうすい黄色から赤茶色の色がついているばあいがあります。
- 鉄分を含む井戸水は、汲み上げたときには無色透明でも時間とともに着色してくることがあります。
- いくら汲んでも色がついているばあいは、鉄、マンガン、フミン質などが含まれている可能性があります。
- フミン質は、土壌や石炭に含まれる動植物が分解してできた黒褐色の有機質です。
- 鉄やマンガンは加熱すると赤くなりますが、フミン質の色は変化しません。

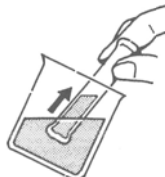
パックテストの使い方



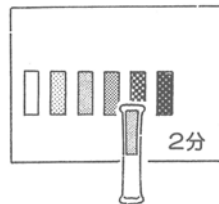
① チューブ
先端のライン
を引き抜く



② 指で強くつまみ中の空気を追い出す



③ そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分ぐらい吸い込む



④ よく振りまぜ2分後に比色する

7 井戸水のCODをしらべる

しらべてみよう! 井戸水は、地下を通っている水なので、土壌にしみこんだ汚染物質が井戸水に流れ込む危険性もあります。井戸水に汚水が流れ込むとCODの値が上がります。有機物による汚れをCODの値としてしらべてみましょう。

測定項目 COD (化学的酸素要求量)

測定方法 常温アルカリ性過マンガン酸カリウム酸化法

実験材料

① パックテスト

COD WAK-COD(D) (低濃度用) 測定範囲0~8以上ミリグラム/リットル

② 試料

別々の井戸から汲み上げた井戸水

③ 器具

きれいな容器 井戸水の数+1 (水道水とくらべます)

実験

① 井戸水をそれぞれの容器に半分以上入れて並べます。

② パックテストに吸い込みます。

③ 5分後に比色します。

④ 記録用紙に結果を記録します。

【測定結果の予測】

ほとんど0に近い。

【測定結果の生かし方】

水中のCODの値が高いことは、一般的には有機物 (汚染物質) が多いことを意味します。飲料には適しません。

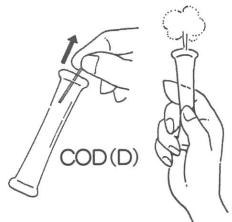
【解説】

COD (Chemical Oxygen Demand) は主として有機物による汚れの指標(目安)になるもので、CODという特定の物質名ではありません。

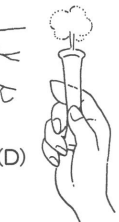
酸化剤を与えて消費する酸素の量で表しますが、そのためにどの酸化剤でどのように酸化させたかで測定値が変わってしまいます。これが他の元素を測るのと根本的にちがうところです。河川水の中にある酸化される物質の多くは、有機物です。ちなみにBOD (Biochemical Oxygen Demand) は、生物化学的酸素要求量です (97ページ参照)。要求量を消費量という場合もあります。

- 有機物とは、炭素を含む化合物一般を示すもので、動植物の体を形成している主要な化合物です。水中の有機物を測定するCOD、BODの値は水質を表わす代表的な指標とされています。
- 有機物は種類も多く、個々の濃度をしらべるのは困難なので、COD、BODを測ることによって有機物の総量として推定します。
- 水中のCODの値が高い＝有機物が多い＝汚染物質が混在している可能性がある＝飲料には不適、となります。
- 酸化剤を使って測定する方法ですから、どのような酸化剤を使用し、どのような方法で酸化させたかで測定値が変わってきます。
- JIS K0102では、次の3通りが記載されています。

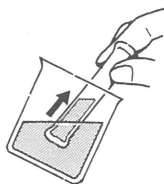
パックテストの使い方



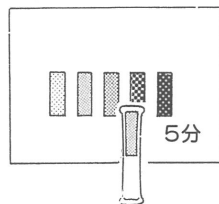
① チューブ先端のラインを引き抜く



② 指で強くつまみ中の空気を追い出す



③ そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分くらい吸い込む



④ よく振りまぜ、20℃の時5分後に比色する。途中1、2回振りまぜる

- ①100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量 (COD_{Mn})
- ②アルカリ性過マンガン酸カリウムによる酸素消費量 (COD_{OH})
- ③ニクロム酸カリウムによる酸素消費量 (COD_{Cr})

日本では①が一般的に採用されています。パックテストは②の原理に最も近く、酸化される物質によって、①の値と異なる結果を示すことがあります。欧米では③による方法が一般的です。

【豆知識】

- 思わぬものがCOD測定に影響するので要注意です。たとえば、砂糖、お茶、手指の汚れなどでも値が変化します。
- 採水する容器はきれいなものを使用します。

【参考】

- 上水試験方法では、過マンガン酸カリウム消費量で表示されています。CODは消費された酸素の量だけを、過マンガン酸カリウム消費量は文字どおり過マンガン酸カリウムの消費量で表わされます。
- 理論的には過マンガン酸カリウム消費量からCOD値を下の式から推定できます。

COD_{Mn} (ミリグラム/リットル) = $0.25 \times$ 過マンガン酸カリウム消費量 (ミリグラム/リットル) 『上水試験方法解説編』

*ただし、JISのCOD_{Mn}では100℃で30分間、上水試験方法では100℃で5分間の加熱であり、さらにパックテストCODはアルカリ性による酸化法なので、数値が一致するとはかぎりません。

【情報】

〈CODパックテスト〉

CODパックテストはラミネートされています。写真は50回分セットですが、10回分セットも市販されています。



8

井戸水の亜硝酸をしらべる

しらべてみよう! 井戸水に家畜のし尿や生活排水などの汚水が入ると、飲用に適さなくなります。汚れのひとつである亜硝酸をしらべてみましょう。

□測定項目 亜硝酸

□測定方法 ナフチルエチレンジアミン比色法

□実験材料

①パケットテスト

亜硝酸 WAK-NO₂ 測定範囲0.02～1ミリグラム/リットル

②試料

別々の井戸から汲み上げた井戸水

③器具

きれいな容器 井戸水の数+1 (水道水とくらべます)

□実験

①井戸水をそれぞれの容器に半分以上入れて並べます。

②パケットテストに吸い込みます。

③2分後に比色します。

④記録用紙に結果を記録します。

【測定結果の予測】

ほとんど0に近い。

【測定結果の生かし方】

井戸水の亜硝酸の値が高いことは、家畜のし尿や生活排水などが流れ込んでいる可能性を意味します。飲料には適しません。飲料水の水質基準は硝酸態窒素および亜硝酸態窒素の合計量で10ミリグラム/リ

ットル以下であること、となっています。

【解説】

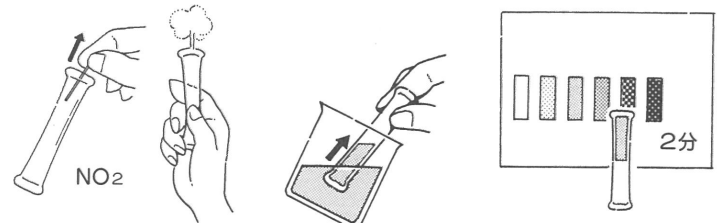
亜硝酸の多くは、アンモニアの酸化によって生成されます。アンモニアが水中の酸素やバクテリアなどで酸化されると亜硝酸になります。

河川や湖沼、井戸水などに亜硝酸が混入する経路は、生活排水、し尿排水が代表的なものです。井戸水、湧き水から亜硝酸が検出されたばあい、腐敗物、排泄物などの汚染源が、近くにある可能性を示しています（67ページ参照）。

動植物の体や排泄物には、多くの窒素化合物が含まれています。動植物や排泄物が腐敗すると窒素化合物は環境中で分解され、最初は、アンモニア態窒素に変化し、亜硝酸態窒素、そして最終的に硝酸態窒素に変化します。亜硝酸は不安定な物質で、酸素やバクテリアなどで硝酸にすぐに変化したり、硝酸から酸素がとれて、また亜硝酸になったりします。硝酸の形で安定すると、肥料として植物の栄養となります。

このように形を変えながら最後は硝酸態窒素の形で、植物の栄養と

パックテストの使い方



- ① チューブ先端のラインを引き抜く
- ② 指で強くつまみ中の空気を追い出す
- ③ そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分ぐらい吸い込む
- ④ よく振りまぜ2分後に比色する

して吸収・分解されます。植物は幹を育て、葉を茂らせ、光合成をして実を実らせませます。これを動物が食べて排泄するという食物連鎖が繰り返されています。これが動植物の間の窒素循環です(イラスト参照)。

もうひとつの窒素循環もあります。肥料生産とその消費、農業生産とその農産物の移動などにもなう、社会経済的な窒素循環がそれです。この窒素循環が、世界の窒素の過剰と過少をつくりだし、その偏在が問題になっています。

【パックテストの標準色の見方】

標準色には2種類の測定値が表示されています。〈亜硝酸イオン表示〉と、亜硝酸態窒素として亜硝酸の中の窒素分だけを表した〈窒素表示〉(Nと表示)です。イオン表示の約3分の1が窒素表示となっています。同じ試料をしらべても、どちらの数値かを明記しないと間違えてしまいますので、注意してください。

$\text{NO}_2 \cdots$ 分子量はN(窒素 $\cdots 14$)と O_2 (酸素 $\cdots 16 \times 2$) = 46になります。

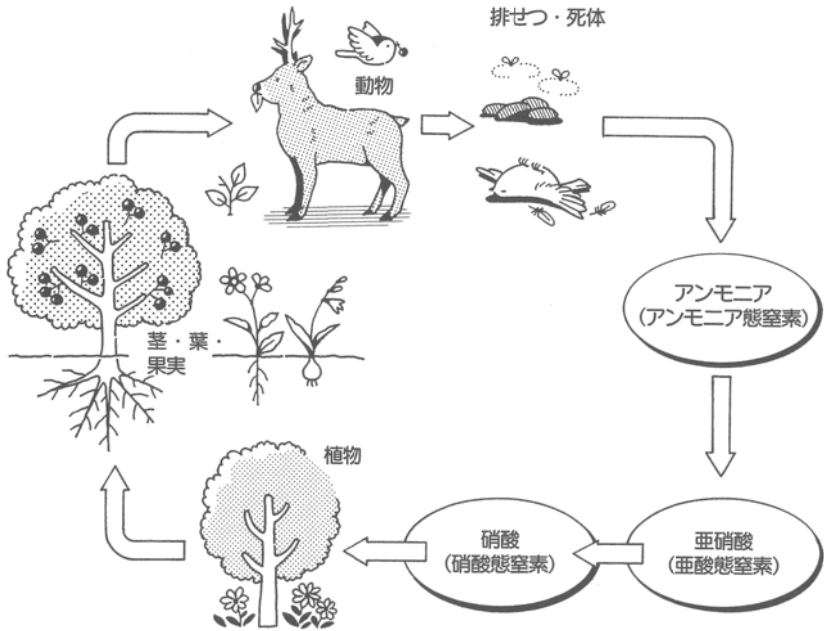
NO_2 の中の窒素分は、 $\text{N}/\text{NO}_2 = 14/46 = 0.30$

測定結果を記録するときには、どちらの数値を採用したか明記してください。

【豆知識】

- 〈イオン表示〉は産業界、〈窒素表示〉は衛生、環境、生態関係で多く使用されています。
- 窒素の表示方法も亜硝酸態窒素、亜硝酸体窒素、亜硝酸性窒素といろいろありますが、同じ意味です。
- 地域によっては地質的に、硝酸の還元によって井戸水から亜硝酸が検出されることもあります。
- 亜硝酸は酸化防止剤として使用されることもあり、食肉製品、魚肉製品中に含まれることもあります(106ページ参照)。

【自然界における窒素循環図】



9

井戸水の硝酸をしらべる

しらべてみよう! 井戸水の硝酸をしらべてみましょう。硝酸はアンモニア、亜硝酸が水中の酸素やバクテリアの力で酸化されてできる窒素化合物の最終形態の物質です。

.....

測定項目 硝酸

測定方法 還元・ナフチルエチレンジアミン比色法

実験材料

① **パックテスト**

硝酸 WAK-NO₃ 測定範囲1~45ミリグラム/リットル

② **試料**

別々の井戸から汲み上げた井戸水

③ **器具**

きれいな容器 井戸水の数+1 (水道水とくらべます)

実験

① 井戸水をそれぞれの容器に半分以上入れて並べます。

② パックテストに吸い込みます。

③ 3分後に比色します。

④ 記録用紙に結果を記録します。

【測定結果の予測】

得られる数値は幅ひろく、2~20ミリグラム/リットル。

【測定結果の生かし方】

硝酸の値が高い井戸水は、飲料には適しません。飲料水の水質基準は硝酸態窒素および亜硝酸態窒素の合計量で10ミリグラム/リットル以下であること、となっています。

【解説】

硝酸は、アンモニア、亜硝酸の酸化によって生成された窒素化合物の最終形態となる物質です（68ページ図を参照）。安定な物質ですが、体内に入ると亜硝酸へ還元され、健康に害があります。

【パックテスト標準色の見方】

標準色には2種類の測定値が表示されています。〈硝酸イオン表示〉と、硝酸態窒素として硝酸の中の窒素分だけを表した〈窒素表示〉（Nと表示）です。測定結果を記録するときには、どちらの数値を採用したか明記してください。

NO_3 …分子量はN（窒素…14）と O_3 （酸素… $16 \times 3 = 48$ ）の合計量62になります。

NO_3 の窒素分は、 $\text{N} / \text{NO}_3 = 14 / 62 = 0.23$ となります。

パックテストの使い方

① チューブ先端のラインを引き抜く

② 指で強くつまみ中の空気を追い出す

③ そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分ぐらい吸い込む

④ よく振りまぜ3分後に比色する

① 硝酸測定用前処理剤 ($\text{NO}_3\text{-RA}$) を入れる

② 沸騰してから2分位煮る

③ 室温まで下げ、 NO_3 をはかる

亜硝酸がなければ NO_2

NO_3

亜硝酸があれば NO_2

検水を30mLとる

時計皿

金網

【測定上の注意】

試料中に硝酸と亜硝酸（0.1ミリグラム/リットル以上）が混在しているばあい、亜硝酸がプラス妨害します。亜硝酸が混在しているときには、前処理剤で亜硝酸を除去してから測定する必要があります。

亜硝酸除去用に硝酸測定用前処理剤（別売り）があります。付属の取扱説明書にしたがって亜硝酸を除去してから、通常の硝酸の測定をおこなってください。

- 硝酸の測定方法は、還元剤（金属亜鉛）で硝酸を亜硝酸に還元して、亜硝酸として発色させ、硝酸に換算して濃度を表示しています。したがって、亜硝酸が混在しているとその分が加算されてしまいます。
- 硝酸測定用前処理剤を使用しないで、概略値を得たいばあいは、次のようにすると亜硝酸のプラス妨害をある程度補正できます。

硝酸と亜硝酸とが含まれた検水を測定すると、硝酸の値と亜硝酸の値の10倍程度の値との合計値として発色しますので、

- ①亜硝酸のパックテストで亜硝酸を測定します。
- ②硝酸のパックテストで硝酸を測定します。
- ③硝酸濃度の求め方

見かけの硝酸の測定値②－亜硝酸の測定値①×10＝硝酸の濃度

【豆知識】

- 硝酸はほとんどの自然水から検出されます。当然、水道水からも検出されます。
- 過剰に硝酸を摂取すると、とくに乳児はメトヘモグロビン血症という病気になりやすく、22ミリグラム/リットル以上の硝酸態窒素を含む水を乳児に与えるべきではない、とWHOでは勧告しています。
- 硝酸態窒素は、植物にとっては必須栄養素です（86ページ参照）。
- ほとんどの市販のミネラルウォーターにも硝酸が含まれています。したがって、希釈などに使用することはできません。ただし、「Vittel」には硝酸が含まれていないため、蒸留水がないときは、希釈水として代用できます。

10 浄水器の水の残留塩素をしらべる

しらべてみよう! 水道の水がまずい、くさいと評判がよくありません。臭いの原因のひとつである残留塩素は浄水器で除去できるといわれていますが、本当に除去されたかどうかをしらべてみましょう。

□測定項目 残留塩素

□測定方法 DPD (ジエチル-*p*-フェニレンジアミン) 比色法

□実験材料

①パケットテスト

残留塩素 WAK-CIO・DP 測定範囲0.1～5 ミリグラム/リットル

②試料

①浄水器を通る前の水道水

②浄水器を通した水道水

③器具

きれいな容器

□実験

まず、臭いを嗅いでみます。少し温めると臭いが強くなります。

①試料をそれぞれの容器に半分以上入れて並べます。

②パケットテストに吸い込みます。

③10秒後に比色します。

④記録用紙に結果を記録します。

【測定結果の予測】

浄水器を通る前の水道水は0.4～1.0ミリグラム/リットルの間が多い。

浄水器を通った後の水道水は、ほとんど0。

【測定結果の生かし方】

浄水器を付けている家庭の多くは、水道の水がおいしくない、水に色、臭いがついているから取りつけたといいます。浄水器を通した水はおいしくなったでしょうか。

【解説】

ここでいう浄水器は、水道の蛇口に家庭で取り付ける軽便な浄水器です。浄水器の構造はそれぞれに異なりますが、多くは内部に活性炭が入っています。この活性炭は小さな穴が無数にあいていて、これらの表面に臭いの元の残留塩素を吸着するしくみになっています。

しかし、活性炭も永久に吸着し続けられるわけではありません。臭いのほかにも溶解している不純物を吸着したり、ろ過したりすることで吸着効果が減ってきます。

【豆知識】

- 浄水器を通った水道水から残留塩素が検出されれば浄水器の中のフィルター（活性炭）の交換時期です。
- 浄水器には赤水、濁り水を取り除く効果もあります。

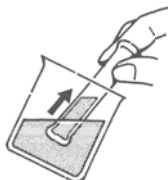
パックテストの使い方



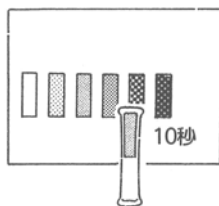
① チューブ先端のラインを引き抜く



② 指で強くつまみ中の空気を追い出す



③ そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分ぐらい吸い込む



④ よく振りまぜ10秒後に比色する

- 水のなかの不純物がフィルターの上に詰まると水の出が悪くなります。フィルターの交換時期です。
- 残留塩素をとれば臭い（カルキ臭）がなくなって、水がおいしく感じられますが、消毒用の残留塩素がなくなるということは、浄水器の中で雑菌が繁殖する可能性があります。
- しばらく使わなかった浄水器から出た水は、雑菌が繁殖している可能性があるため、飲料には適しません。

【参考】

浄水器は活性炭と中空糸膜を組み合わせる機種が多く販売されています。

アルカリ整水器といわれている機器は、水を電気分解してアルカリイオン水を作ります。本当にアルカリになっているかどうかは《パックテストpH》で測定できます。

11 氷の水の硬度をしらべる

しらべてみよう! 水は0℃以下になると氷になります。このとき、不純物を押し退けて純粋な水がさきに凍る、といわれていますが本当でしょうか？ 氷を溶かして、硬度（水の中に溶けているカルシウム、マグネシウムの量）をしらべてみましょう。

□測定項目 硬度

□測定方法 PC（フタレインコンプレクソン）比色法

□実験材料

①パックテスト

全硬度 WAK-TH 測定範囲0～200ミリグラム/リットル

②試料

①水道水（ミネラルウォーターなどもおもしろい）

②製氷器で半分まで凍らせた氷を溶かし、室温にした水

③製氷器で凍っていない部分の水を常温にした水

□実験

①試料をそれぞれの容器に半分以上入れて並べます。

②パックテストに吸い込みます。

③30秒後に比色します。

④記録用紙に結果を記録します。

家庭用冷蔵庫でも、半分氷、半分水の状態までの時間は意外に短時間です。気をつけていないと完全な氷になってしまうので要注意です。

【測定結果の予測】

まだ凍っていない部分の水>氷をつくる前の水>半分氷状態になった部分を溶かした水の順に硬度が高い。

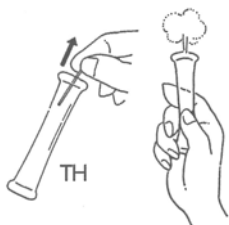
【豆知識】

- 全部凍らせた水を溶かした水と凍る前の水の硬度は同じです。凍っても、カルシウム、マグネシウムの量は変わらないからです。
- 半分凍らせた水と水を分けることで、ある程度、水の硬度を調整できます。

【参考】

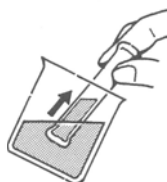
市販されている業務用の大きな氷は、約24時間かけてゆっくり凍らせます。製氷中に振動を与えて水を動かし、水に溶けた不純物を氷の中央に集めます。中央に集まった不純物を取り除くことで、あのように透明な氷ができるのです。

パックテストの使い方

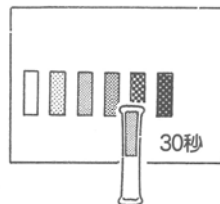


① チューブ
先端のライン
を引き抜く

② 指で強くつまみ
中の空気を
追い出す



③ そのまま小穴を
検水の中に入れ、
スポイト式に半分
ぐらい吸い込む



④ よく振りまぜ
30秒後に比色する

12 水槽の水の亜硝酸をしらべる

しらべてみよう! 金魚、熱帯魚、水草を育てている水槽の水の汚れをしらべてみましょう。魚のふん、あまったエサが腐敗して水槽の水に亜硝酸が生じます。

測定項目 亜硝酸

測定方法 ナフチルエチレンジアミン比色法

実験材料

① パックテスト

亜硝酸 WAK-NO₂ 測定範囲0.02~1ミリグラム/リットル

② 試料

水槽の水（とくに魚を飼っている水槽の水）

注意：必ず水槽の水を容器に移してから測定し、残った水は絶対に水槽に戻さないようにしてください。

③ 器具

きれいな容器

実験

① 水槽の水をそれぞれの容器に半分以上入れて並べます。

② パックテストに吸い込みます。

③ 2分後に比色します。

④ 記録用紙に結果を記録します。

【測定結果の予測】

きれいな水ならば0.02ミリグラム/リットル以下。汚れに比例して徐々に増加し、0.2ミリグラム/リットル以上は好ましくありません。

【測定結果の生かし方】

金魚や熱帯魚を飼っている水槽の水をしらべて、魚たちに快適な環境を作ってあげましょう。

【解説】

排泄物などに含まれる窒素分は、水中の酸素、微生物などの働きでアンモニアから亜硝酸、亜硝酸から硝酸の形に変化します。最終の硝酸は化学的に安定で、魚への毒性は低いのですが、途中のアンモニア、亜硝酸には強い毒性があります。

亜硝酸が多いと魚の成長が妨げられたり、あるいは死んでしまいます。

【パックテスト標準色の見方】

標準色には2種類の測定値が表示されています。〈亜硝酸イオン表示〉と、亜硝酸態窒素として亜硝酸の中の窒素分だけを表わした〈窒素表示〉(Nと表示)です。測定結果を記録するときには、どちらの数値を採用したか明記してください(38ページ参照)。

パックテストの使い方



① チューブ
先端のライン
を引き抜く

② 指で強くつまみ
中の空気を追い出す

③ そのまま小穴を検水
の中に入れ、スボイト式に半分ぐらい
吸い込む

④ よく振り混ぜ2分後
に比色する

【豆知識】

- 亜硝酸が多いということは水の浄化機能がうまくいっていない、循環が崩れている証拠です。
- 亜硝酸増加の原因は餌のやり過ぎ、水量に対して魚の入れ過ぎ、あるいはろ過装置のフィルターの汚れ、エアレーションの不足、循環水の不足が考えられます。
- 亜硝酸が多いときには、水を半分程度交換します。水道水中の残留塩素は魚に害を与えるので、一昼夜汲み置いた水を使います。水は、水槽の水の温度と同じくらいの水温にしてから入れてください。

13 雨水のpHをしらべる

しらべてみよう! 雨は、もともとは地表の水が蒸発してできた、不純物を含まないはずの水ですが、酸性になっているといわれています。降ってくる雨のpHをしらべてみましょう。

- 測定項目 pH
- 測定方法 pH指示薬 BCG (プロモ クレゾール グリーン) 法
- 実験材料

①パケットテスト

pH WAK-BCG 測定範囲pH3.6~6.2

②試料

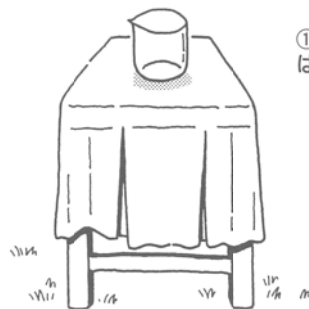
雨水を溜めておいて測定します。雨の採集のしかたは、イラスト参照。

③器具

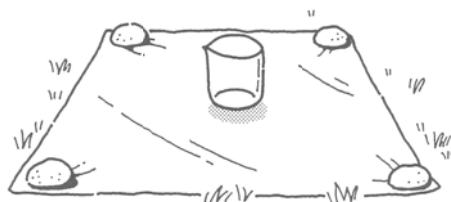
きれいな容器

- きれいな容器に雨を溜めます。

*要注意 容器の汚れは結果に大きな影響を与えます。洗剤の残り、手指からの汚れが雨水にふれないように注意してください。



①地上から30cm以上はなす



②1×1m以上のきれいなビニールシート

- 屋根、樹木、地面からの跳ね返りの水を容器に入れないようにしてください。
- 降り始めの雨、途中の雨、最後の雨など、時間経過の状況を把握しながら測定する方法もありますが、この項では、一雨ごと（降り始めから止むまでを1つの容器に雨をため込む）の測定方法を書いておきます。
- 時間と雨の関係、あるいは雨量との関係、霧雨、豪雨、雪など雨の種類との関係をしらべてみてもおもしろいと思います。
- 雨水は、ポリピンに満タンに入れ、空気に触れないよう密閉すれば、冷暗所で2～3カ月間保存できます。
- 雨水をパックテストに吸い込んだばあい、その色のまま2～3日は保存できます。ポリ袋などに密閉し温度変化の少ない場所に保管してください。

□実験

- 1 試料を容器に半分以上入れて並べます。
- 2 パックテストに吸い込みます。
- 3 20秒後に比色します。
- 4 記録用紙に結果を記録します。

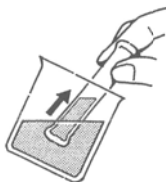
パックテストの使い方



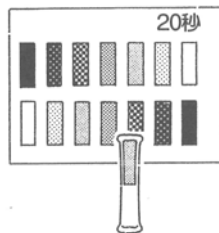
① チューブ先端のラインを引き抜く



② 指で強くつまみ中の空気を追い出す



③ そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分くらい吸い込む



④ よく振りまぜ20秒後に比色する

【パックテストpH表示の読み取り】

パックテストのpH表示はpH0.2ごとの目盛りです。中間値も読めますが、集計するときに混乱しないように、どちらか近い方を読み取るようにしてください。

【測定結果の予測】

pH5.0～5.6の範囲。

【測定結果の生かし方】

雨の酸性度を知ることで、大気汚染状態を知ることができます。酸性雨の原因、対策を考えてみましょう。

【豆知識】

- 何も含んでいないきれいな雨でも大気を通過してくる際に空気中の炭酸ガスを吸収して、通常pH5.6程度になります。このpH5.6以下の雨を一般に酸性雨といいますが、pHが5より小さい雨は確実に酸性雨といえるでしょう。
- 降り始めの雨のpHが高いことが報告されています。降り始めの雨は、大気汚染の中を通過してきますから、最初の雨は大気中のさまざまな汚染物質を取り込みながら降ってきます。いわば大気の洗浄水のようなもので、降り始めの雨は空気中の粉塵などの影響で、アルカリに傾くこともあります。
- 時間経過ごとに酸性雨の測定をするには、「レインゴーランド」（堀場製作所）という器具があります。この器具は一定量ごとに採水、保管してくれます。
- よく「レモン水や酢と同じ程度の酸性雨」といわれますが、これは必ずしも正確な表現ではありません。たとえpH値が同じ値だったとしても、レモン水と酸性雨では緩衝能力に違いがあります。
- 緩衝能力とは——何も入っていないきれいな水にレモンの汁が1滴入っただけでもすぐに水は酸性になってしまいますが、レモンの汁に雨水などが1滴程度入ってもpHはまったく変化しません。

相手の影響で大きく変化するものを緩衝能力が低い、あるいは小さいといい、反対に相手を大きく変えるものを緩衝能力が高い、あるいは大きいと表現します。

- 同じpH値でも緩衝能力が高いレモン水は、相手を自分のpHに引き込む力がありますが、緩衝能力が低い酸性雨は、アルカリ土壌などに接触すると相手のpHに引き込まれてしまいます。このため酸性雨の影響が現われるまでには、一定の時間を要するのです。
- 雨の水は元をただせば蒸留水に近い水で、極めて緩衝能力が低く（電気伝導率^{*}で1mS/m以下）、精密測定に用いるガラス電極のpHメーターでさえ、正確に測定することはむずかしいものです。
- 酸性雨は一般的なpH試験紙、リトマス試験紙では測定できません。pH試験紙の指示薬を保持している部分はろ紙ですが、このろ紙がすでに固有のpHを持っています。また、指示薬自体も固有のpHを持っているため、雨水に強い緩衝能力がないばあい、pH試験紙で測定しても雨水のpHではなく、ろ紙や指示薬自体のpHを示してしまうからです。

【参考】電気伝導率（度）

純水は電気を通さず、電気が通れば何か不純物が含まれていることを意味します。このため電気伝導率（度）は、水の純粋さを表わすためによく使用されます。一般に電気伝導率（度）の値が大きいほど不純物が多いことを示していますが、食塩などが入っても大きくなるので、食品などでは電気伝導率（度）が高いからといって、不純物＝汚れが多いという表現は適当ではありません。海岸近くでは、海水の影響で電気伝導率（度）が上るばあいがあります。

電気伝導率（電気伝導度）は、電気導電率、あるいは単に導電率（伝導度）ともいいます。溶液が持つ、電気抵抗（ $\Omega \cdot m$ ）の逆数に相当し、S/mの単位で表わします。水の電気伝導率は、mS/m^{*}（ミリジーメンズ毎メートル）と表わします（*SI＝国際単位でcmが使われなくなり、変更になった）。

電気伝導率（度）は、コンパクト導電率計（堀場製作所）で測るこ

とができます。

【解説】酸性雨の影響

酸性雨は化石燃料（石炭、石油）を燃やすことで硫黄化合物、窒素化合物が大気中に放出され、これが硫酸や硝酸となって雨に混じって地上に降り注いだものです。

長年湖に降った酸性雨は湖の水を酸性にしてしまい、最初は小さな生き物、プランクトンなどが棲めなくなり、やがて魚も棲めなくなってしまう。酸性の湖はプランクトンなどの微生物がいないため透明度が高く、一見とてもきれいに见えることがあります。

pHの影響を受けやすい植物の葉は酸性雨、酸性霧（霧の方がよりpHが低いばあいが多い）によって成長が阻害されたり、枯れたりします。酸性雨、酸性霧の影響を大きく受ける場所は粉塵、オキシダントなどの影響も受けやすく、それだけ木が弱っていきます。酸性雨で土壌が酸性化すると、土中のアルミニウムなどの金属が溶け出し、植物の根を痛め木を枯らしてしまうことがあります。

その他、建築物のコンクリート、大理石が酸性雨のためにボロボロになったり、ブロンズ像が腐食したりなどの被害も現われています。



ブロンズ像「開拓の母」
の涙目現象（北海道）

14 雨水の硝酸をしらべる

しらべてみよう! 最近、日本には酸性雨が降っているといわれています。雨を酸性にしてしまう代表的な物質である硝酸が雨の中にどれだけ溶けているか、しらべてみましょう。

測定項目 硝酸

測定方法 還元・ナフチルエチレンジアミン比色法

実験材料

① パックテスト

硝酸 WAK-NO₃ 測定範囲 1~45ミリグラム/リットル

② 試料

雨水を溜めておいて測定します。降り始めから一定時間ごとに分けて溜めるとよいでしょう。

③ 器具

きれいな容器（しらべる数だけ）

- きれいな容器に雨を溜めます。

実験

① 試料を容器に半分以上入れて並べます。

② パックテストに吸い込みます。

③ 3分後に比色します。

④ 記録用紙に結果を記録します。

【測定結果の予測】

降り始めの雨ほど、硝酸の濃度が高くなるが、最大でも10ミリグラム/リットル程度。

【測定結果の生かし方】

いくつかの雨について、pHと硝酸のそれぞれの測定値をみることで、硝酸が雨のpHを酸性にしている代表的な物質であることが確かめられます。

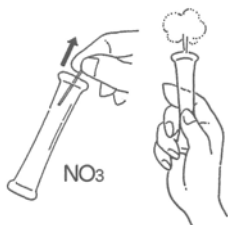
【解説】

実際の雨水中の硝酸の濃度は雨が降る前の上空にどの程度の量の硝酸があったかによって決まります。したがって、数日間晴れた日が続き、久しぶりに雨が降ったときの方が硝酸の濃度は高くなります。また、雨が降り始めると、上空の硝酸の量はだんだん減っていきますから、降り始めから時間がたつほど、だんだん雨水中の硝酸の濃度も低くなっていきます。

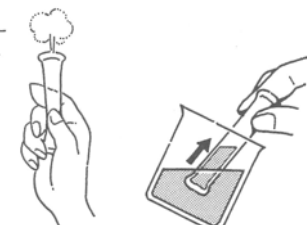
【豆知識】人間活動から酸性雨が降ってくるまで

自動車の排気ガスや工場などの煙に入っている窒素酸化物や硫酸酸化物は上空に上がっていき、上空で太陽の光によって酸化されて硝酸のガスや硫酸の微粒子に変わり、強い酸となります。これらの強い酸が晴れた日には風に乗って、雨の日には雨に溶けて、森林や湖沼、そして私たちの町にもやってくるのです。

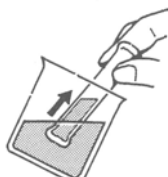
バックテストの使い方



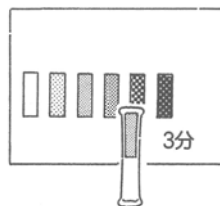
①チューブ先端のラインを引き抜く



②指で強くつまみ中の空気を追い出す



③そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分ぐらい吸い込む



④よく振りまぜ3分後に比色する

15 河川・湖沼の水のpHをしらべる

しらべてみよう! pHは川の水の性質を知る上で重要な項目です。河川・湖沼の水のpHをしらべてみましょう。

- 測定項目 pH
- 測定方法 pH指示薬 混合指示薬法（2種類以上のpH指示薬を混合し、測定pHレンジを広げたもの）

□実験材料

①パケットテスト

pH WAK-pH 測定範囲pH5.0～9.5

②試料

それぞれに採取した川の水や湖沼の水

③器具

きれいな容器 試料の数+1（水道の水とくらべます）

□実験

①試料を容器に入れて並べます。

②パケットテストに吸い込みます。

【測定結果の予測】

pH6～9の範囲。

【測定結果の生かし方】

pHの変化を確認することで、川の状態（植物の様子など）を知ることができます。

【解説】

一般に、きれいな水ほど緩衝能力（53ページ参照）が小さく、まわ

りの小さな現象にも影響を受けて、pHは大きく変化し、どれが本当の値なのかわからなくなることがあります。刻々と変化するばあいもあり、流れている河川や湖沼のpHを正確にはかることは困難です。

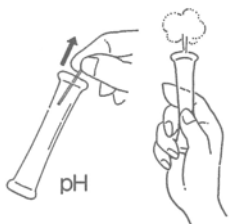
藻の生えている湖では昼間はアルカリ側、夜になると弱酸性側と大きく変化することさえあります。これは藻の光合成作用によるもので、藻が昼間は水中の炭酸ガスを吸収するためにpHがあがり、夜は炭酸ガスを放出するのでpHが下がります。採水した水でも藻が入っていれば光が当ることによってpHは変化します。

河川のpHは昼間はpH9以上、夜はpH6以下になることもあり、河川湖沼のpH表示は固定的なものではなく〇〇～〇〇という範囲で表示されることもあります。

【豆知識】

- 一般的に河川湖沼のpHは、pH試験紙では正しい値は測定できません。
- 特定の河川や湖沼、とくに秋田県玉川温泉、山形県蔵王温泉などの温泉地帯ではpH2～3の強酸性を示す所もあり、このような箇所ではpH試験紙でも十分測定できます。

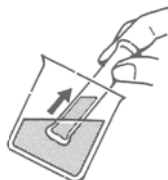
パックテストの使い方



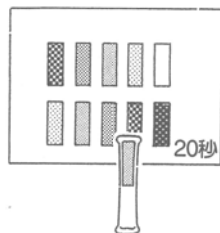
①チューブ先端のラインを引き抜く



②指で強くつまみ中の空気を追い出す



③そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分くらい吸い込む



④よく振りまぜ20秒後に比色する

16 河川・湖沼のCODをしらべる

しらべてみよう! 身近な川や湖、池などがひどく汚れていることがあります。この汚れを表わす代表的な指標がCODです。CODをしらべてみましょう。

測定項目 COD

測定方法 常温アルカリ性過マンガン酸カリウム酸化法

実験材料

① パックテスト

COD WAK-COD 測定範囲 0～100ミリグラム/リットル

COD WAK-COD (D) 測定範囲 0～8以上ミリグラム/リットル

② 試料

採取した河川・湖沼の水

③ 器具

きれいな容器 試料の数+1 (水道の水とくらべます)

実験

① 試料を容器に入れて並べます。

② パックテストに吸い込みます。

【測定結果の予測】

10ミリグラム/リットル以下のところが多いと思われる。

【補足実験】

川の水に缶ジュースを入れる。

採水してきた川の水に飲み残しの缶ジュースを入れて測ってみてください。

● 2リットルのペットボトルにねじ口まで川の水を採ってきます。

- 缶ジュースをストローで4センチ程度加えます（内径6ミリのストローに4センチ程度水を吸い込ませると約1ミリリットルです）。
- 2リットルの川の水にオレンジジュースを1ミリリットル入れると2000倍の希釈になります（イラスト参照）。

■2000倍に希釈する

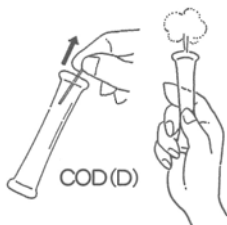
ペットボトル2L



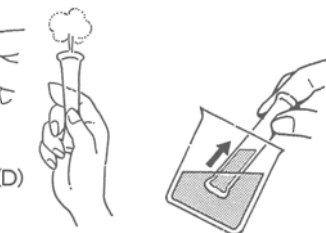
【測定結果の生かし方】

魚の種類によっても異なりますが魚が棲める河川の水のCOD値は5ミリグラム/リットル以下とされています。缶ジュースなどは2000

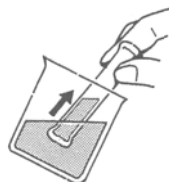
パックテストの使い方



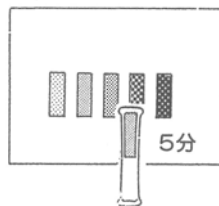
①チューブ先端のラインを引き抜く



②指で強くつまみ中の空気を追い出す



③そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分ぐらい吸い込む



④よく振りまぜ、20℃の時5分後に比色する。途中1、2回振りまぜる。

倍に薄めてもまだこの値になりません。台所の流しも河川の入口と考えれば、飲み残しを気楽に流せなくなります。

【パックテスト使用上の注意】

CODは、測定方法によって測定値が変わり、その測定方法も公定法でさえ3種類もあります(34ページ参照)。

パックテストは、常温アルカリ性過マンガン酸カリウム酸化法を採用しています。この方法は手軽で、短い時間でCODを測定することができます。一般に使われている100℃加熱酸性過マンガン酸カリウム法にくらべて、試薬の酸化力が弱く、検体によっては酸化できず低い値を示します。たとえば、油類(ごま油にはある程度反応します)、石けん、合成洗剤、アルコール類(種類によって異なります)などが混じっている水ではそのままでは正しい値を示しません。

台所排水をそのまま測定したいという希望が寄せられますが、以上の理由の他に、

- 固形物はそのままでは測れない。
- 調味料などもそれぞれ酸化率が異なり測定値があわない。

などの理由からパックテストでは、台所排水自体のCODを直接測定しても公定法に近い測定値が得られるとはかぎりません。

【解説】

都市河川に流れ込む有機物は、ほとんどが家庭排水からの流入です。家庭の台所からは調理かす、食べ残し、洗い水、風呂場、トイレからと川の水を汚す原因物質が多量に出ています。しかし、都会の下水道が整備されている地域では、し尿や家庭排水を川へ流しているという感覚が多くの人からなくなっています。下水管を通して下水処理場で処理されているので、自分たちは川の水を汚していない、と何となく思っている人も多いのではないのでしょうか。

家庭排水が直接河川に注いでいる所ではもちろん、下水処理場があるところでも負荷が多すぎて十分に処理がおこなわれていない時には、汚れた水が川に流れ込みます。できるだけ各家庭で汚れた排水を

流さないことがとても重要です。

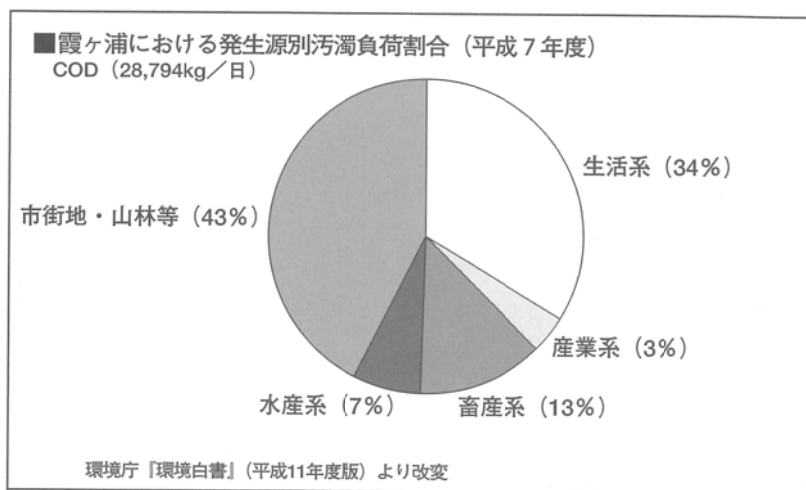
各家庭での対策が河川への汚れの原因をへらし、下水処理場への負荷を減らすことになり、自然浄化を高めて美しい川、おいしい飲み水の恩恵を受けることにつながります。

【豆知識】

- CODのほかに河川の水の汚れを表示する方法にBODがあり、これは微生物が一定の条件で使用した酸素の量で表わします（97ページ参照）。
- 食事の作り過ぎに気を付けましょう。
- 油汚れは拭き取ってから洗うようにしましょう。
- 流しに三角コーナーやろ紙、目の小さい網を使い、生ごみをそのまま流しに置かないようにしましょう。
- 個人ができる環境改善、CODの低減に努力しましょう。

【参考】

いまや河川のCOD負荷は工場排水より一般家庭排水の方が多くなっています。



17 河川・湖沼のアンモニアをしらべる

しらべてみよう! 川や湖沼、池の水に畜産の排水、家庭排水などが流れ込むと、水の中のアンモニアが増えます。アンモニアをしらべて、家庭排水などが川に流れ込んでいないかどうかしらべてみましょう。

- 測定項目 アンモニウム
- 測定方法 インドフェノール青比色法
- 実験材料

①パックテスト

アンモニウムWAK-NH₄ 測定範囲0.2~10ミリグラム/リットル

②試料

採取した河川・湖沼の水

③器具

きれいな容器 試料の数+1 (水道の水とくらべます)

□実験

- ①試料を容器に入れて並べます。
- ②パックテストの使い方のとおり、パックテストに吸い込みます。

【測定結果の予測】

0.2~10ミリグラム/リットルの範囲。

【測定結果の生かし方】

汚染の状態、汚染原因を知り、水を浄化する対策をたてる参考にします。

【解説】

有機態窒素、とくにタンパクの窒素が分解されると最初にアンモニアになり、微生物、酸素の働きで亜硝酸、硝酸へと変わっていきます。

尿中の尿素もアンモニアに変化しやすいので、し尿による汚染ではアンモニアが検出されます。

【パックテスト標準色の見方】

亜硝酸、硝酸と同じように標準色には2種類の測定値が表示されています。〈アンモニウムイオン表示〉と、アンモニア態窒素としてアンモニウムの中の窒素分だけを表した〈窒素表示〉(Nと表示)です。測定結果を記録する時には、どちらの数値を採用したか明記してください。

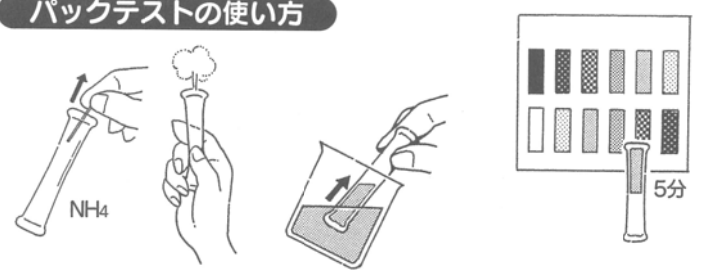
NH_4 …分子量はN(窒素…14) と H_4 (水素… 1×4) =18になります。

これに対して窒素分だけの表示は $\text{N}/\text{NH}_4 = 14/18 = 0.78$ となります。

したがって、〈イオン表示〉 \times 約0.8=アンモニア態窒素です。

また、パックテスト アンモニウムは標準色が二段になっていますが、上段・下段に関係なく、とにかく一番近い色の値が測定値になります。標準色の色と色の間の場合は、だいたいの中間の値を読んでください。

パックテストの使い方



- ① チューブ先端のラインを引き抜く
- ② 指で強くつまみ中の空気を追い出す
- ③ そのまま小穴を検水の水の中に入れ、スポイト式に半分ぐらい吸い込む
- ④ よく振りまぜ5分後に比色する

【豆知識】

- イオン表示は産業界、窒素表示は衛生、環境、生態関係に多く使用されています。
- 窒素の表示方法もアンモニア態窒素、アンモニア体窒素、アンモニア性窒素といろいろありますが、まったく同じ意味です。
- アンモニアとアンモニウムは混同されて使用されるばあいもありますが、一般には NH_3 をアンモニア、水の中に存在している NH_4^+ をアンモニウムイオンといい、さらにアンモニウム塩（硫酸アンモニウム、塩化アンモニウムなど）のばあい、アンモニウムといいます。ただし、窒素表示の時は、アンモニア態窒素とも表現し、はっきりとした使い分けはされていません。

【参考】

- アンモニアは水のpHが8以上になると、 $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_3$ に変化します。
- 水中の NH_4^+ も魚に対して毒性を持っていますが、 NH_3 の方がさらに毒性が強いため注意が必要です。
- 同じアンモニアの濃度でもpHが変化することによって魚への影響が異なります。河川や湖沼のpHは光合成の影響で日中、pHが9近くまで上昇することがあり、アンモニア濃度が高いときには魚にとって非常に危険な状態になります。

18 河川・湖沼の亜硝酸をしらべる

しらべてみよう! 亜硝酸は水の汚れの指標のひとつです。亜硝酸があることは近くに汚染源があることを意味します。

□測定項目 亜硝酸

□測定方法 ナフチルエチレンジアミン比色法

□実験材料

①パケットテスト

亜硝酸 WAK-NO₂ 測定範囲0.02~1ミリグラム/リットル

②試料

別々の箇所から採取した川の水や湖沼の水

③器具

きれいな容器 試料数+1 (水道水とくらべます)

□実験

①試料をそれぞれの容器に半分以上入れて並べます。

②パケットテストに吸い込みます。

③2分後に比色します。

④記録用紙に結果を記録します。

【測定結果の予測】

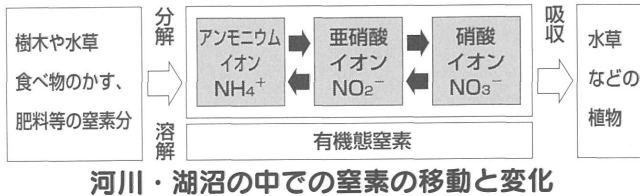
0.02以下~0.5ミリグラム/リットルの範囲

【測定結果の生かし方】

河川・湖沼の亜硝酸の値が高いことは、家畜のし尿や生活排水などが流れ込んでいる可能性を意味します。原因をしらべてみましょう。

【解説】

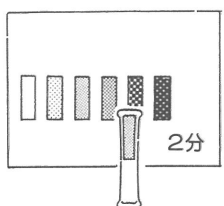
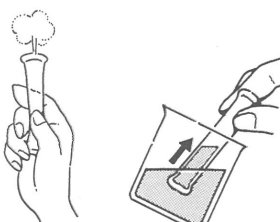

亜硝酸などの窒素類は、生活排水や肥料、し尿排水などから河川や湖沼などに混入します。これらは食べ物などの有機態窒素のほかに、分解や溶解によって、アンモニウム、亜硝酸、硝酸といろいろ変化しながら、水草などの植物に吸収されます。硝酸になる前の分解途中にある不安定な亜硝酸がたくさんあると、比較的近くで汚れが混入している可能性が高いと考えられます。



【バックテスト標準色の見方】

標準色には2種類の測定値が表示されています。〈亜硝酸イオン表示〉と、亜硝酸態窒素として亜硝酸の中の窒素分だけを表した〈窒素表示〉(Nと表示)です。イオン表示の約3分の1が窒素表示となっています。測定結果を記録する時には、どちらの数値を採用したか明記してください(38ページ参照)。

バックテストの使い方



① チューブ先端のラインを引き抜く

② 指で強くつまみ中の空気を追い出す

③ そのまま小穴を検水の中に入れ、スゴイト式に半分ぐらい吸い込む

④ よく振りまぜ2分後に比色する

19 河川・湖沼のりん酸をしらべる

しらべてみよう！ 川や湖、池の水の中から、自然の状態では一般にわずかしか存在しないりん酸が検出されることがあります。家庭排水、肥料などが流れ込むと、りん酸が増えます。水中のりん酸をしらべてみましょう。

測定項目 りん酸

測定方法 酵素法

実験材料

① **パックテスト**

りん酸(低濃度) WAK-PO₄(D) 測定範囲0.05～2ミリグラム/リットル

② **試料**

別々の場所から採取した川の水や湖沼の水

③ **器具**

きれいな容器 試料数+1 (水道水とくらべます)

実験

1 試料を容器に入れて並べます。

2 パックテストで測定します。

【測定結果の予測】

0～1 ミリグラム/リットル。きれいな川では、0.1以下。

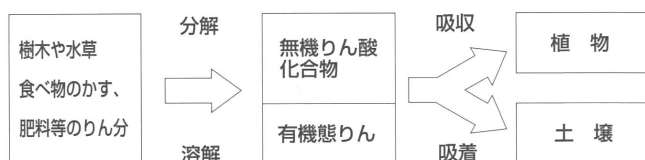
【解説】

りん酸は自然界の水中にはわずかしか存在しません。りんは植物プランクトンや藻類の成長には必須栄養素なので、それらに吸収されたり、あるいは土壤に吸着したりして、それほど増加しないのです。

しかし、それでも河川や湖沼の中でりん酸が測定された場合は、窒素と同じように、自然界から入ってくる分に加えて、比較的近くで急

激に生活排水などが入ってきていることになります。りん酸は加工食品の食品添加物中に多用されていますので、台所からの排水にも気をつけてください。

また、かつては合成洗剤にりん酸が含まれていて多量に河川に流れ込みましたが、現在、国内メーカーの家庭用洗濯洗剤は無りん洗剤になり、この問題はほとんど解決しました。ただし、外資系の洗剤、国産メーカーのボディソープなどには、りん酸が配合されている商品もあります。表示に注意してください。

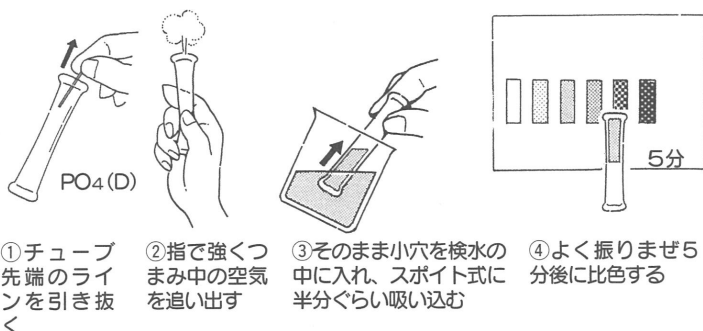


河川・湖沼の中でのりんの移動と変化

【パックテスト標準色の見方】

標準色には2種類の測定値が表示されています。<りん酸イオン表示>と、<りん酸態りんとしてりん酸の中の窒素分だけを表したくりん表示> (Pと表示) です。イオン表示の約3分の1がりん表示となっています。同じ試料をしらべても、どちらの数値かを明記しないと間違えてしまいますので、注意してください。

パックテストの使い方



- ① チューブ先端のラインを引き抜く
- ② 指で強くつまみ中の空気を追い出す
- ③ そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分ぐらい吸い込む
- ④ よく振りまぜ5分後に比色する

PO₄……分子量は、P（りん…31）+O₄（酸素…16×4=64）の合計量95になります。

これに対して〈りん分表示〉は、P/PO₄=31/95=0.33となります。

したがって、りん酸〈イオン表示〉×0.33=りん酸態りん

測定結果を記録する時にはどちらの数値か、はっきり明記しておいてください。

【豆知識】

- りん酸は防腐の効果があり、食品添加物として加工食品に多用されています。
- 土の中のりん酸は土壤に吸着されていて、水を加えただけでは、溶出・抽出ができないので、土壌中のりん酸の検出は簡単にはできません。

【参考】「富栄養化」と窒素、りんとの関係

湖や内海などの流れが少ない水域では、生活排水、工場排水、農業肥料などから窒素やりんが流れ込み、たまります。そして、日光を受けて藻類、植物性プランクトンが爆発的に増えます。やがて植物が枯れ、その腐敗過程で窒素やりんが水中に放出されます。このようなサイクルにより、栄養塩類が急激に増加する状態を「富栄養化」と言います。その結果、すんでいる魚の種類が変わったり、大量死や悪臭の発生などが起こります。

川の中でも流れの少ない、よどんでいるような場所で、硝酸イオンやりん酸イオン濃度の高いところでは局所的に富栄養化が起こっている可能性があり、特にりん酸イオンの増加は環境に大きな影響を与えます。

窒素もりんも自然の中を循環していますが、人の生活から過剰な量が入ると、自然のバランスがくずれてしまいます。

20 川の自然浄化力をしらべる

しらべてみよう！ 昔も河川を汚す工場排水や、家庭排水などが川に流れ込んでいたはずですが、でも、川の水はきれいでした。川には自然浄化の力があつたからです。自然の川の浄化力がどう変化するか、しらべてみましょう。

□測定項目 pH、COD、アンモニウム、亜硝酸、硝酸、りん酸

□実験材料

①パケットテスト

pH	WAK-pH	測定範囲	pH5.0～9.5
COD	WAK-COD	測定範囲	0～100ミリグラム/リットル
アンモニウム	WAK-NH ₄	測定範囲	0.1～5ミリグラム/リットル
亜硝酸	WAK-NO ₂	測定範囲	0.02～1ミリグラム/リットル
硝酸	WAK-NO ₃	測定範囲	1～45ミリグラム/リットル
りん酸(低濃度)	WAK-PO ₄ (D)	測定範囲	0.05～2ミリグラム/リットル

②試料

- ①川の水……5リットル程度。
- ②小石……川の底から拾った、表面がぬるぬるした少し緑色をした石が最適。大きい石なら1つ、小さければ5～6個。

③器具

きれいな容器 500ミリリットルまたは1000ミリリットル程度のガラス製ビーカー。同じ大きさのものを2個。

□実験

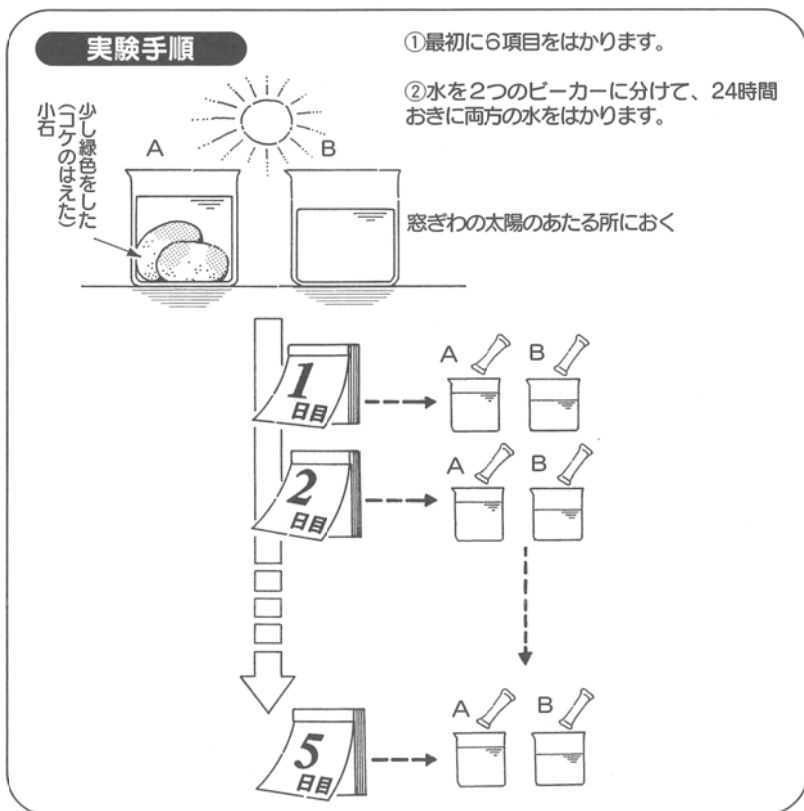
- ①採ってきた川の水を小さなビーカーに取りわけてパケットテストで上記6項目を測定し、その値を記録します。
- ②残りの川の水を2つのビーカーに分け、片方に小石を入れます。
- ③2つのビーカーを同じ場所に置きます。必ず、昼間太陽が当る場所に置いてください。

4 4～5日間24時間くらいおきに各ビーカーから30ミリリットルを取り分けて、バックテストで6項目を測定します。

5 この間の天候、気温なども記録します。測定時間の少々のはずれは、結果に影響を与えません。

【注意】

ビーカーをそのまま放置しておくと、試料の水が蒸発して少なくなります。その状態で測定すると濃度が高くなります。ビーカーにラップで蓋をするなど、蒸発を防ぐ工夫をしてください。短期間なら無視することもできますが、長期間の場合は、ビーカーに水面の高さを印しておき、減った分だけ蒸留水を加えてから測定してください。



【測定結果の予測】

実験結果はなかなか予想が付きにくいものです。

まず、川の水の汚れ具合、ビーカーに入れた小石の状態、太陽の当り具合、水温などによって条件が変わるからです。

次の予測はこの通りにならないばあいも多いと思います。そのときには他の原因を探ってもう一度挑戦してみてください。

1何も入っていない川の水はほとんど変化しないはずです。

2小石が入っている方は理論的に以下の傾向を示すはずです。

- pHは時間経過による変化はなく、測定時の明るさ（太陽光の量）で変化します。浄化作用とは関係なく、光合成（炭酸同化作用）による影響が大きいのです。
- アンモニウムは一番最初に減少の傾向が出ます。
- 亜硝酸はほとんど変化がありませんが、水中にアンモニウムがなくなってから減少の傾向が出ます。ただし、アンモニウムから亜硝酸に変化するものと、亜硝酸から硝酸へ変化するものとのバランスがとれると、あまり変化しません。
- 硝酸はあまり変化しません。亜硝酸から硝酸に変化しますが、量的には微量なので、あまり変化は現われません。
- リン酸は減少の傾向が出ます。石に付着している藻類がリン酸を吸収するため、藻類の活性度によって減少の度合いが異なります。
- CODは変化が予想できません。放置しておくとき水の表面から酸素が吸収され、酸素は飽和状態になります。本来ならば酸素で有機物は酸化され、CODの測定値は低くなるはずですが、低くならないときもあります。

【解説】

6項目のそれぞれの変化は、河川に自浄作用があることを示しています。しかし、実際の川では流れがあるので、空気中の酸素が水中に溶け込み、汚染物質の分解が促進されます。川を観察すると、水が留まっているところは汚染が進んでいると思います。また、河川の自浄作用には限度があり、一定以上の汚染物質が入ると、たとえ流れがあ

っても川の自浄作用だけでは汚れを分解できなくなり、水が汚れてしまいます。川の自浄作用の力を高めていくために、どんなことが必要か、どんな方法があるか、考えてみましょう。

【豆知識】

- 川の小石に付着した微生物、藻類などが重要な自浄作用を持っています。
- 小石だけではなく河川敷に生えるアシなどの植物、土壌中の微生物などが働いて汚染物質を分解していきます。
- 河川の底には酸素を好むバクテリア（好気性バクテリア）がいて、有機物を分解します。酸素との接触だけでは単純に酸化されない浮遊物質などが、微生物などによって少しずつ酸化されやすい状態に分解され、その結果、パックテストCODの測定値が高くなることもあります。
- 川底の泥の中にもたくさんの微生物がいて、有機物を分解してアンモニアにしたり、アンモニアを亜硝酸に、亜硝酸を硝酸に、一部は窒素ガスにして、水質を浄化しています。

21 木炭の浄化能力をしらべる

しらべてみよう! 自浄作用の力をはるかに超える汚染物質が入り込んでしまった河川の水質を元に戻す工夫はできるのでしょうか。炭を入れて水をきれいにしようとする試みがされていますが、ほんとうに水はきれいになるのかどうかしらべてみましょう。

□測定項目

【20川の自然浄化力をしらべる】で測定したpH、COD、アンモニア、亜硝酸、硝酸、りん酸が木炭を入れることによってどのように変化するか、実際に測定してみることにします。

□目的

木炭は無数に穴があいており表面積は非常に広く、その表面にいろいろな物質を吸着、あるいは捕捉して水をきれいにする作用を持っているといわれています。確認してみましょう。

【実験1】

□道具

①バックテスト

pH	WAK-pH	測定範囲pH5.0～9.5
COD	WAK-COD	0～100ミリグラム/リットル
アンモニア	WAK-NH ₄	0.1～5ミリグラム/リットル
亜硝酸	WAK-NO ₂	0.02～1ミリグラム/リットル
硝酸	WAK-NO ₃	1～45ミリグラム/リットル
りん酸(低濃度)	WAK-PO ₄ (D)	0.05～2ミリグラム/リットル

②試料

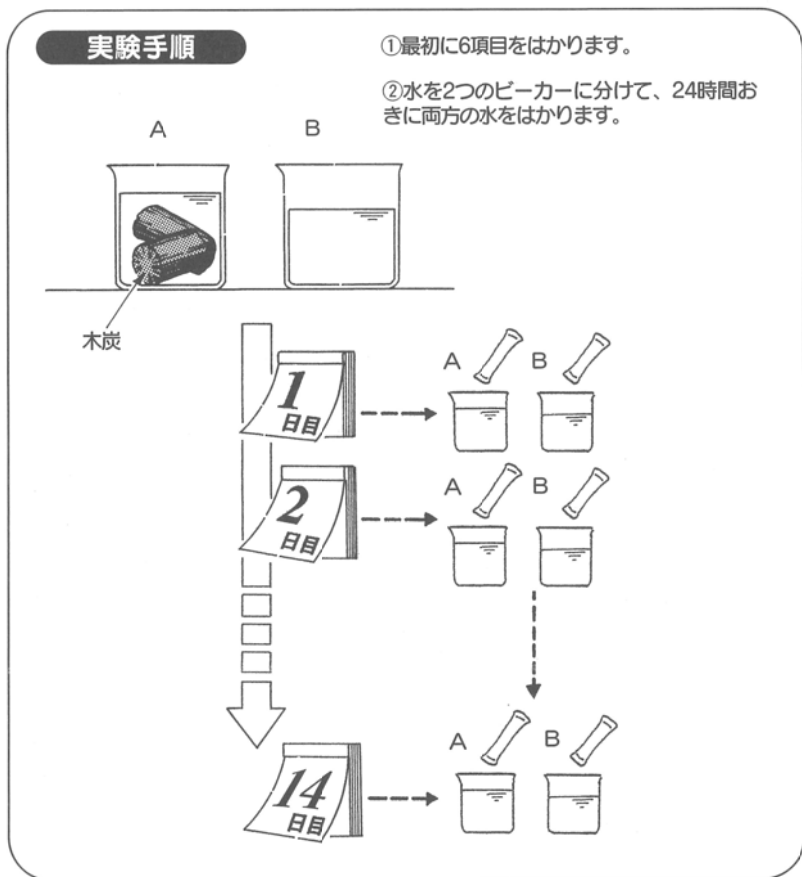
川の水……約5リットル程度。
炭………ナラ材など普通の炭。

③容器

500ミリリットル（または1000ミリリットル程度）のガラス製ビーカー。同じ大きさのものを2個。

□実験

- 1 採ってきた川の水を小さなビーカーに取りわけてパックテストで上記6項目を測定し、その値を記録します。
- 2 残りの川の水を2つのビーカーに分け、片方に炭を適当な大きさに切って入れます。
- 3 両方を同じ条件の場所に置きます。



4 24時間おきに各ビーカーから30ミリリットル取りわけてパックテストで6項目を測定します。

5 1～2週間続けます。

*測定時間の少々のずれは結果に影響を与えません。

【測定結果の予測】

この実験はなかなか予想がつきにくいものです。だからおもしろい、と思ってください。川の水の汚れ具合、投入した炭の形状、種類、水温などで変わるからです。

次に掲げる予想はあくまでも予想で、この通りにならない場合も多いと思います。その時には他の原因を探って何度でも挑戦してみてください。

- 川の水だけの場合……ほとんど変化なし
- 炭を入れた方は……それぞれの数値が減っている？ いや、予想に反して……。

pHは……時間経過による変化はほとんどない。

アンモニア、亜硝酸、硝酸、りん酸、CODは……原水より増えている？

【測定結果の生かし方】

この実験だけでは結果を生かすことはできない場合が多いと思います。これを基にいろいろ考えてみましょう。

【参考】

炭は木材を乾留（木材などを空気を遮断して加熱分解すること）してできた炭素の固まりですが、小さな穴が無数にあいていて非常に大きな表面積を持っています。この小さな穴にいろいろな物質を取り込みます。昔から空気や水の浄化に利用されてきました。

今回の実験でも浄化作用により各物質の濃度が低くなることを期待していたと思います。ところが原水より各物質が増えてしまった、というばあいもあると思います。これはどうしてでしょう。厳密にはた

いへんむずかしい作用があると思いますが、結果として炭の中に含まれていた物質が水に溶出してくるようです（これは産地、木材の種類、乾留方法、その後の保存状態で変わります。また、使い始めに蒸留水で十分洗浄すれば溶出される物質の量は減ります）。

ところが「炭を入れたら汚れた小川がきれいになった」「昔のろ過槽には炭を敷いた」という話は聞いたことがあると思います。また、実際にためして効果があることを経験している人もいることでしょう。

どうして？ 一つは物理的に微小な物質のろ過効果と、もう一つは炭の微細孔に棲み着いた微生物が働いて有機物を分解して浄化効果が働いたことによると思われます。これは実験室での実験が必ずしも自然現象を再現することとは限らない、見本になるかも知れません。

【実験2】可能な人のみ

●ビーカーの中ではなかなかうまくいかない炭による浄化ですが、自然の中ではどうでしょう。これは実験室内ではできません。【実験2】として掲げましたが、近くに実験できる場所がないとできません。参考として実験手順を簡単に記載しておきましょう。

●実験道具は【実験1】とほぼ同様。

ただし、ビーカーではなく本物の小川などで実験します。

- ・始める前に十分に水質測定データを取っておきます。
- ・小川の流量、流れの状態などを考慮して網に入れた炭を投入します。
- ・投入後から定期的に水質調査を行ないデータをとりはじめます。

【豆知識】

- 炭の種類によって異なり、備長炭は他の炭と違い大きな吸着力を示します。備長炭=姥目^{うばめ}檜で作った熊野産の良質の炭で重量感があり、叩くと金属音がして火持ちがよいとされています。
- 活性炭は表面積を増やすために工業的に加工した製品です。
- 炭、活性炭ともに水道水中の残留塩素はよく吸着します。

22 土壌のpHをしらべる

しらべてみよう！ 土壌のpHをしらべてみましょう。

- 測定項目 pH
- 測定方法 土壌用pH試験紙法（水を加えて測定する方法）
- 実験材料

①pH試験紙

PHG-PLS 測定範囲pH1.0～12.0

②試料

①いろいろな場所の土

②蒸留水……250ミリリットル程度

③器具

試験管……試料の数＋2本程度

試験管立て……1台

実験—前処理

①試料の土約10グラム（小サジに軽く山盛×3杯）をそれぞれの試験管に入れます。

②蒸留水25ミリリットルをそれぞれに加え、はげしく攪拌します。
1時間放置します。

□実験

1時間放置した上澄みの水にpH試験紙を浸けてpHを測定します。

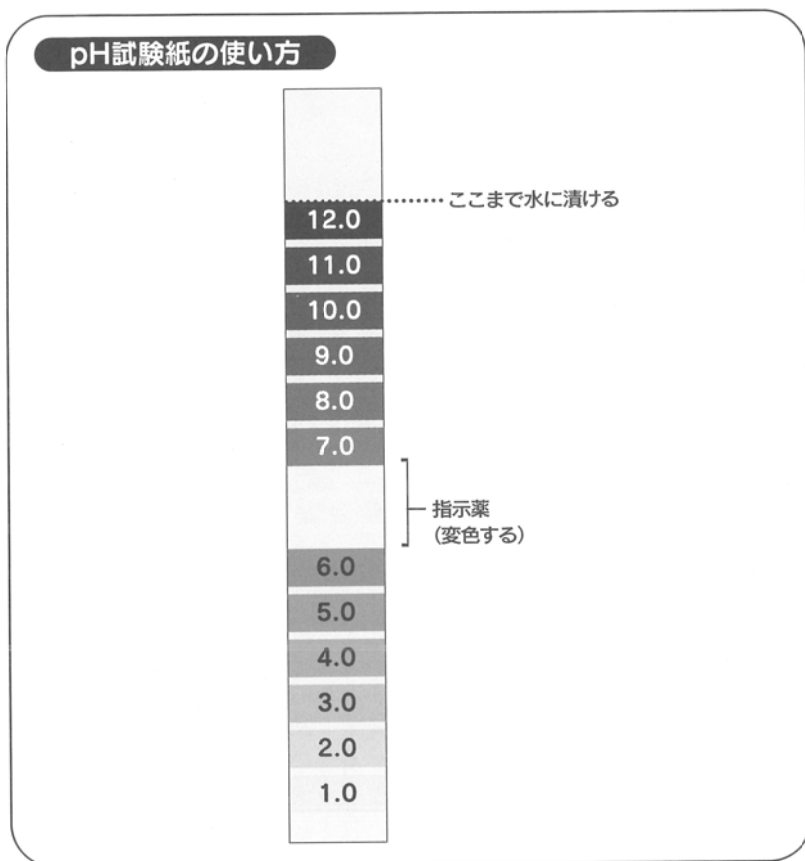
【pH試験紙の使い方】

図のように真ん中が指示薬、上下の色は標準色です。

色がついている部分全部を2～3秒間水に浸して取り出し、真ん中の色が上下の標準色のどの色に近いかを探します。その色の部分の数値がpH値となります。

【測定結果の予測】

田畑、林、山地でも地域ごとで大きく異なります。日本国内では弱酸性が多いと思われます。



【解説】

畑の作物、山の木、野原の草には、それぞれに適正な土壌のpH値があり、したがって土壌のpHによって生える植物が違ってきます。また、酸性雨などによって土壌が酸性化すると育たない植物があり、枯れてしまうものもあります。植物にとって土壌のpHは重要な要素です。

pHを正確に測定するのは大変むずかしく、正式にはガラス電極法で測定することになっています。

土壌のpHは2通りの測定方法があります。

- ここで紹介したpH試験紙法は、水を加えた方法でpH（水）と表示します。
- 水の代わりに1N^{*}塩化カリウム（KCl）を加えて測定する方法があり、これを塩化カリウム置換pHとってpH（KCl）と表示します。
- * 1N = 1 ノルマル。溶液の濃度を示す単位のひとつ。このばあいには、（KCl）74.5グラム/リットル

一般的にはpH（水）にくらべてpH（KCl）は0.5～1.0pH程度低い値を示すばあいが多く、植物に対する影響を知るためにはpH（KCl）による測定をおこなう方がよいといわれています。

【豆知識】

植物には酸性に

- 強いもの：稲、ジャガイモ、ソバ
- 弱いもの：大麦、なす
- とくに弱いもの：大豆、ホウレン草など

があります。

酸性土壌になると土の中の金属、アルミニウムなどが溶け出して植物の根を痛めたり、植物の必須栄養素のりんと化合して吸収を妨げたりします。

23

土壌の肥料分をしらべる

しらべてみよう! 植物は、栄養素としての窒素を硝酸の形で根から吸収しています。土の中にどのくらいの硝酸が入っているかしらべてみましょう。

□測定項目 硝酸

□測定方法 還元・ナフチルエチレンジアミン比色法

□実験材料

①パケットテスト

硝酸 WAK-NO₃ 測定範囲 1～45ミリグラム/リットル

②試料

河川敷、畑、花壇の土など。

③器具

50ミリリットルメスシリンダー 2本

小ビン 試料の数だけ

共沈剤

スポイト

コーヒースプーン

蒸留水 (水道水には硝酸イオンが存在していますので使用できません)

□実験—前処理

①試料の乾いた土約1グラムを50ミリリットルメスシリンダーに入れます (水分量は違うが、このばあいには概略値を求めることで無視します)。

②蒸留水25ミリリットルを加え、はげしく攪拌した後、共沈剤を5滴加えます。

③10分静置後、上澄み液 (抽出液) をスポイトで小ビンに3ミリリ

ットル程度移します。

4 以上を試料の数だけ繰り返します。

□実験

1 小ビンに入った上澄み液をパックテストで測定します。

2 得られた値を25倍すると土壌1キログラム中の硝酸の濃度になります。

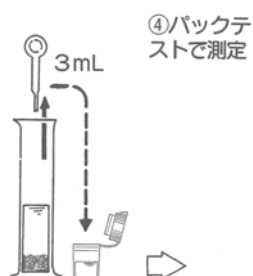
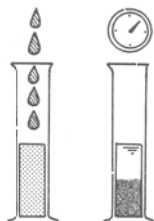
【注意】

- 45ミリグラム/リットルの測定範囲を越えたばあい、実験1の上澄み液適量に、同量の蒸留水を添加して測定しなおします。その値を50倍すると土壌1キログラム中の硝酸の濃度になります。
- 土壌の中の水分はそれぞれ違いますから、各試料を1グラムずつ計っても、測定値は概略値です。
- 正確に測定するときには、土をじゅうぶん乾燥させてから1グラムの重量を計ります。
- 亜硝酸があると強めに発色しますが、通常は無視できます。堆肥などが混入している場合には亜硝酸を確認して、多いときには前処理工程が必要になります。

*パックテストの取り扱い説明書にやり方が解説されています。

実験手順

①土1g 蒸留水25mL ②共沈剤5滴 ③10分



【解説】

かりに、実験1で5ミリグラム/リットルの結果が得られたとすると、抽出液の中には、 $5 \times 25 / 1000 = 0.125$ ミリグラムが入っていたこととなります。これが1グラムの土から出てきた硝酸分になるので、土壌100グラム中には、12.5ミリグラム、1キログラム中には、125ミリグラムの硝酸が含まれています。得られた濃度を25倍すると土壌1キログラム中の硝酸量になります。

【豆知識】

- 植物の成長に欠かせない三大要素は窒素、りん酸、カリウムですが、窒素欠乏になると根、葉、茎の成長が貧弱になり、葉の緑が少なく、稲などは下葉の枯れ上がりが起こります。
- 窒素過多のばあいは緑が濃く、葉茎の成長は著しいが軟弱で病害虫におかされやすくなります。
- 生産をあげるために肥料を与え過ぎ、窒素過多の土壌が問題になっています。そこで栽培された野菜には硝酸が多量に残っているばあいがあります。
- 人が硝酸を過剰に摂取すると、硝酸体のままで体内に残り、胃の中で還元されて亜硝酸となります。この亜硝酸が魚貝類に含まれるアミノ酸と反応すると、N-ニトロソアミンが生成されます。N-ニトロソアミンは発がん性が疑われています。

24 青菜の硝酸をしらべる (濃度比較)

しらべてみよう! 植物は根から栄養素の一つとして硝酸(窒素分)を吸収し成長をしていきます。その吸収された硝酸分の濃度をしらべてみましょう。

□測定項目 硝酸

□測定方法 還元・ナフチルエチレンジアミン比色法

□実験材料

ここでいう青菜とは緑色の濃い葉野菜で、ホウレン草、コマツ菜、春菊などです。畑から、あるいは八百屋さん、スーパーマーケットで販売されている葉野菜を種類別、部分別、あるいは産地別などに分けて数種類用意します。

①パケットテスト

硝酸 WAK-NO₃ 測定範囲 1～45ミリグラム/リットル

②試料

ホウレン草、コマツ菜、春菊、チンゲンサイなど

③器具

小ビン 試料の数だけ

蒸留水(水道水には、硝酸イオンが存在していますので、使用できません)

3～5ミリリットルのスポイト

カッターナイフ

□実験準備

①同じ種類の野菜を産地別などに分けます。それぞれの同じ部位の、同じ直径の茎を1センチ切り取ります。

②小ビンに約3ミリリットルの蒸留水を入れておきます。

③蒸留水が入った小ビンに切り取った茎を入れ、ふたをして約1分

間軽く振り混ぜます。

□実験

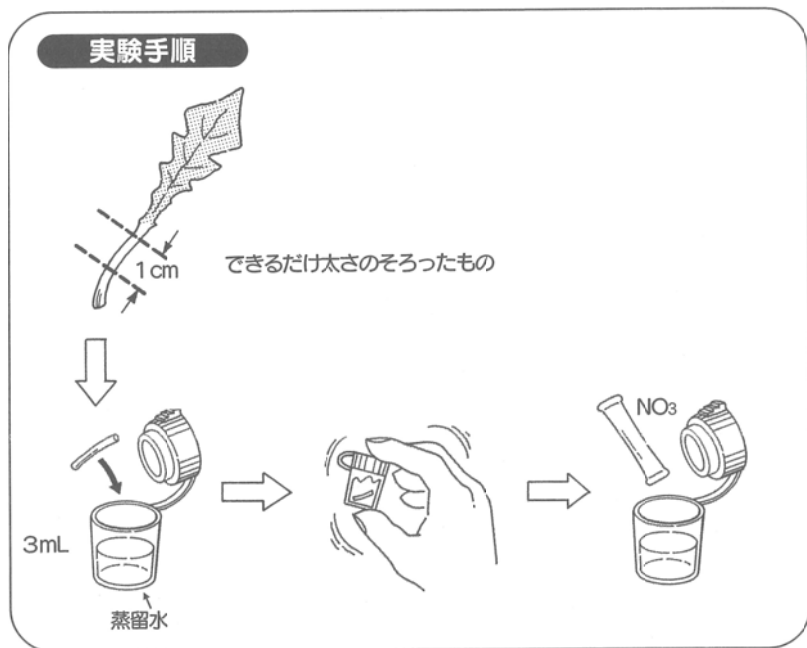
小ビンに入った液をパックテストで測定します。パックテスト硝酸の使い方（57ページ参照）。

【測定結果の予測】

この実験は同じ種類の野菜でも、産地や、茎、葉など部位によって硝酸濃度が異なることを確認するための実験です。絶対量を求めたり、野菜の善し悪しを決定するためのものではありません。絶対量を求めるためには、重量を正確にはかり、試料を粉碎し、硝酸分を十分に水に抽出して測定する必要があります。

【解説】

植物の種類によって硝酸を吸収する割合は異なります。収量を増



加させるための窒素肥料の過剰の施肥が植物中の硝酸過多の原因ともいわれています。

【豆知識】

- 硝酸態窒素は体内で還元菌によって一部は亜硝酸塩に還元されますが、pHが4.6以下であればほとんど還元されません。
- 成人の胃酸のpHは通常2～3ですが、乳児はpH4強なので亜硝酸態窒素が多く生成され、メトヘモグロビン症になりやすいといわれています。

25 青菜の硝酸をしらべる(濃度算出)

しらべてみよう! 24の実験は硝酸の濃度を比較する、簡単な比較試験でした。ここでは、それぞれの野菜の硝酸の濃度をしらべてみましょう。

測定項目 硝酸

測定方法 還元・ナフチルエチレンジアミン比色法

実験材料

①パッケテスト

硝酸WAK-NO₃ 測定範囲1~45ミリグラム/リットル

②試料

各種の青菜

③器具

秤……1グラム単位で測定できるもの

共沈剤

蒸留水(水道水の中には硝酸イオンが存在しますので使用できません。蒸留水がないばあいはミネラルウォーターVittelを使用。市販の多くのミネラルウォーターは硝酸を含んでいます。)

電動ミキサー

100ミリリットルメスシリンダー 2本

3~5ミリリットルのスポイト

ろ紙……No.1ろ紙(直径10センチ程度)

ロート……ろ紙がセットできる大きさ

ピーカーあるいはガラスコップ……ろ液をためる

実験準備

①青菜10グラムを細かく切ります。

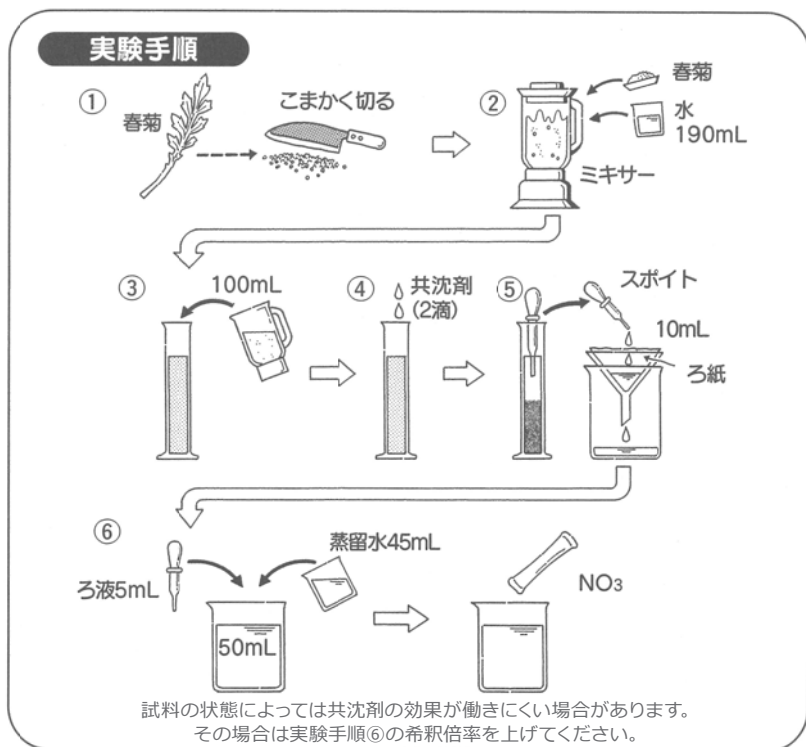
②蒸留水200ミリリットルと混ぜてミキサーに1分間かけます。

- 3 その内の100ミリリットル程度をメスシリンダーに移します。
- 4 共沈剤を2滴加えてよく攪拌後、10分間静置します(共沈剤を加えないと、ろ過しても緑色の色素が通過して比色がしにくくなります)。
- 5 ろ紙とロートをセットして上澄み液10ミリリットルを取り分け、ろ過します(上部に泡が立ちますので、スポイトで透明になった部分を注意して吸い取ってください)。
- 6 ろ液5ミリリットルを取り、蒸留水を加えて50ミリリットルにし、その液を小ビンに移します。

□実験

小ビンに入った液をパックテストで測定します。

パックテスト硝酸の使い方 (57ページ参照)。

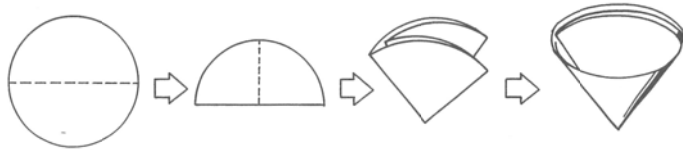


【結果の出し方】

この実験では、10グラムの青菜中の硝酸を200ミリリットル(=200グラム)の水中に溶け出させて、さらにそのうちの5ミリリットル(=5グラム)を10倍に薄めて硝酸濃度を測定しています。つまり、20倍×10倍=200倍に薄まった水中濃度を測定しています。

したがって、得られた測定結果(ミリグラム/リットル(水))=ミリグラム/キログラム(水))を200倍すると、青菜中の硝酸濃度(ミリグラム/キログラム(青菜))になります。

【ろ紙の使い方】



【参考】 硝酸の検査結果(ミリグラム/キログラム)

	最大	最小	平均
アスパラガス	61	32	46.5
コマツナ	4,900	3,300	3,925.0
サラダナ	4,000	2,100	3,000.0
シュンギク	3,300	2,000	2,550.0
パセリ	3,700	100	1,882.5
ハウレンソウ	4,000	980	2,397.5
カイワレ	1,300	800	997.5
カボチャ	45	15	30.0
ダイコン	2,200	1,400	1,750.0
カブ	1,900	1,000	1,425.0
スイカ	68	29	47.8
メロン	440	110	255.5

東京都食品環境指導センター編集「くらしの衛生」—野菜類の硝酸根等含有量実態調査結果表より(平成8年度—平成9年度調査による)

26 みそ汁のCODをしらべる

しらべてみよう! ふだん飲んでいるみそ汁は、どのくらい水環境に影響を与えるのでしょうか？ みそ汁のCODをしらべることで、みそ汁と川の汚れの関係をしらべてみましょう。

□測定項目 COD

□測定方法 常温アルカリ性過マンガン酸カリウム酸化法

□実験材料

①パケットテスト

COD WAK-COD 測定範囲0～100ミリグラム/リットル

②試料

みそ汁

③器具

希釈道具 メスシリンダー（100ミリリットルを測れるもの）

メススポイト 1ミリリットル（1ミリリットルを測れるもの）

メススポイト 10ミリリットル（10ミリリットルを測れるもの）

ビーカー 100ミリリットル

ろ紙 No.1ろ紙（直径10センチ程度）

ロート 直径6～8センチ 1個

蒸留水 適量

□実験準備

みそ汁のCODの値は具によっても大きく変化します。ここではろ紙でろ過して、溶けていない味噌、具をあらかじめ除きます。

1ろ過したみそ汁の液を100倍に希釈します。

みそ汁の液をメススポイトを使って、1ミリリットル取り、100ミリリットルのメスシリンダーに移し、これに蒸留水を加えて全体で100ミリリットルにします。……これで100倍希釈

2 この液をパックテストで測定します。

3 もし2で、値が20を越えてしまったら……残っている100倍希釈液をさらに10倍します。

100倍希釈液をメススポイトなどで10ミリリットル取り、100ミリリットルのメスシリンダーに移して、蒸留水を加えて全体で100ミリリットルにします。これで10倍希釈（みそ汁は1000倍に希釈された）。

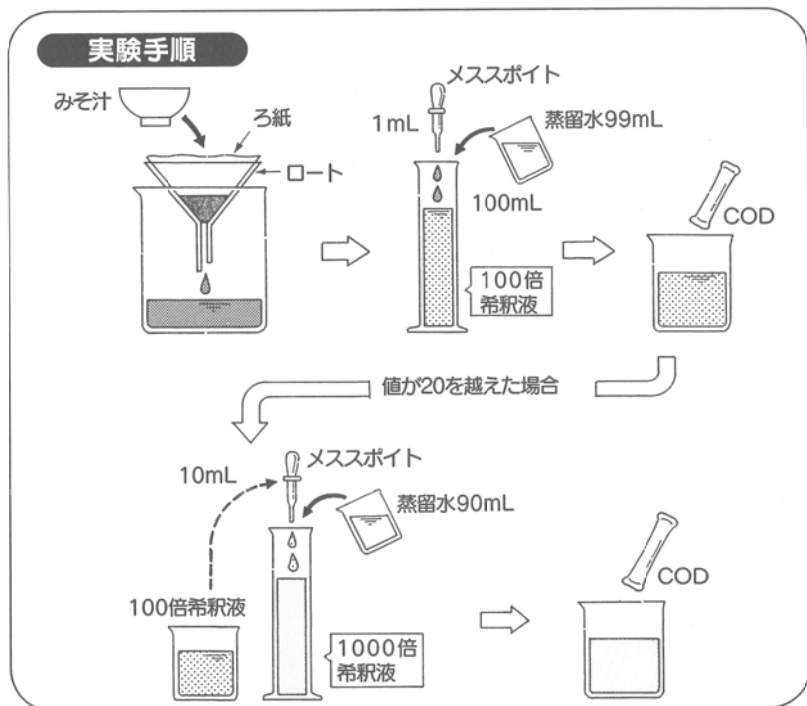
4 この液をパックテストで測定します。

5 2の段階で値が20以内であれば得られた値を100倍します。4の段階での値であれば得られた値を1000倍します。

これがみそ汁のCOD値になります。

□実験

パックテストCODの使い方（34ページ参照）。



【測定結果の予測】

みそ汁は作る度に、あるいは各家庭ごとに違った値がでてきますが、インスタントみそ汁で、おおむね1万5000~1万8000ミリグラム/リットル（ppm）です。

みそ汁は地方によって、各家庭によって、そしてその具によってCODの値も異なってきます。また、毎日作るみそ汁でも厳密には同じではありません。

したがって実験で得られた測定値がみそ汁全体のCODを代表するものではありません。

【測定結果の生かし方】

多くの家庭で、食べ残したみそ汁はそのまま台所で捨てられます。都市であれば下水道を通り終末処理場へ、場所によってはそのまま河川、あるいは海に流されることになります。

河川で魚が生きていられるCODの濃度は、5ミリグラム/リットル以下といわれています。この濃度が低酸素に強いコイやフナなどが生きていられる限界です。COD値が高いと水の中の酸素が減少していきますので、清流に棲むイワナ、ヤマメはもっと汚れに敏感ですから、低い濃度でないと棲めません。

もし、1杯のみそ汁を魚が棲めるCODにするためにはいったい何杯のきれいな水があるか、よく図表でデータになっていますが、自分で計算をしてみましょう。

●計算のしかた

みそ汁のCOD値が、1万ミリグラム/リットル（ppm）とすると、魚が棲めるCODの値の5ミリグラム/リットルにするためには、2000倍に希釈しなくてはなりません。お椀1杯が200ミリリットル（0.2リットル）だとすると、みそ汁を2000倍に薄めるためには、次の計算になります。

$$0.2\text{リットル} \times 2000 = 400\text{リットル} \quad (\text{風呂桶に水2杯分くらい})$$

みそ汁1杯でも捨てる、こんなにたくさんのきれいな水が必要になるのです。

- 同様の方法で、しょう油のCODをはかることができます。

【解説】

- 固形物が入るとCODの値が不安定になるので、みそ汁はろ紙でろ過して液体だけのCODをしらべましたが、実際には固形物の具がたくさん入っています。これはすべてCODの元になります。ですから実際のCOD測定値は、何十倍も高くなるのが普通です。
- 台所の排水には油分、植物や動物性の固形物、洗剤など多数の物質が含まれています。固形物もやがて腐敗・分解され、酸素を消費するCODの元になりますが、これらすべてを含んだ台所排水のCOD値の測定は簡単にできません。というのは固形物のCODを測定するためには、微細に粉碎し、これをすべて酸化させなければならないからです。
- 下水道がある地域だから、台所から何を捨てても大丈夫！ と思いませんか。家庭からの排水は台所以外にもトイレ、風呂、洗濯水とさまざまですが、この他にも飲食店や工場排水などたくさんの排水が下水管には流れ込みます。処理場の処理能力には限界があります。少しでも処理場の負荷を軽くし、河川の自然浄化作用を回復させる努力が必要です。
- 台所からの排水を環境問題への糸口として取り上げましたが、台所から排水をまったく出さないことは不可能です。

【家庭で今すぐできる行動をはじめましょう】

- ◆油は使い切る……食用油は、工夫して極力使い切る。残った廃油で手作り石けんを作ってみましょう（参考書『イラスト版手作り石けんのすべて』合同出版）。
- ◆油は流さない……回収のルートがあれば回収します。固めてから燃えるゴミにしましょう。
- ◆油で汚れた食器……紙で油を拭き取ってから洗いましょう。
- ◆生ごみを流さない……台所の排水は三角コーナーなどでろ過します。目の細かい水切り袋などつけるとより効果的です。さらに三

角コーナー、水切り袋などを流しの中に置いたままにするのはやめましょう。

- ◆エコクッキング……なによりも作り過ぎない、残さないことです。材料が無駄な上に、環境にもよくありません。
- ◆生ごみの堆肥化にも挑戦してみましょう……生ごみは、発酵させて土に戻すと堆肥（土）に戻ります（参考書『だれでもできる生ごみ堆肥化大作戦』合同出版）。

【豆知識】

- ディスポーザー（生ごみ粉碎機）は、生ごみを粉碎して水と一緒に流してしまう装置です。せっかく固形物を分離してCODを減らそうとしているのに、これを使われては困ります。
- 水切り袋とは、流しの三角コーナーや排水口のストレーナーに取り付けて細かいごみを流さないようにする袋をいいます。いろいろな種類が市販されていますが、使用済みのストックキングなどでも代用でき、効果があります。

【参考①】 CODとBOD

COD＝化学薬品（酸化剤）を用いて一定条件の下で反応させ、消費した酸化剤の酸素の量で表わします。Chemical Oxygen Demand（化学的酸素要求量）の頭文字です。CODという単体の物質はありません。用いた化学薬品によって消費する酸素量も異なり、測定方法によってCODの測定値も異なります（34ページ参照）。

これに対し、BODは微生物を使って消費した酸素の量で表わします。

BODは簡単には測定できません。測定する水を密閉容器に入れ、通常20℃で5日間、恒温器で保存し、初期と5日後の溶存酸素を測定し、5日間で減少した溶存酸素の量をmg/L（ミリグラム／リットル）で表わしたものがBOD₅です。BODは、Biochemical Oxygen Demand（生物化学的酸素要求量）の頭文字ですが、微生物では分解されない物質もあるため、必ずしもCODの値とは一致しません。

この微生物による酸素消費量の方がより自然の環境条件に近いと考

えられますが、測定値を得るのに5日間かかるのが難点です。河川については、BODの概略値をBODセット（河川用）（共立理化学研究所）で測定することができます。

【参考②】 家庭で使われる食材のCOD値の概略値

（「汚れを流さないために」東京都消費生活総合センター、1997年5月より）

品名	COD
しょう油	77,000
味噌	210,000
砂糖	690,000
紅茶	5,800
コーヒー	5,200
缶コーヒー	62,000
緑茶	3,400
清涼飲料水	71,000
スポーツドリンク	42,000
牛乳	51,000
ヨーグルト	48,000
ビール	40,000
米のとぎ汁（1回）	3,600
米のとぎ汁（2回）	1,900
米のとぎ汁（3～4回）	900
カレー*	840
カレー**	320

*そのまま洗浄 **拭き取ってから洗浄
簡易測定法であるパックテストの測定値と合わない場合があります。

27 アルミ鍋のアルミニウムをしらべる

しらべてみよう！ 家庭でも軽くて、熱伝導がよいアルミニウム製の鍋がたくさん使われています。調理に使用するとアルミが溶け出してくるといわれていますが、ほんとうかどうかしらべてみましょう。

測定項目 アルミニウム

測定方法 ECR（エリオクロムシアンンR）比色法

実験材料

① パックテスト

アルミニウム WAK-AI 測定範囲0.05～1ミリグラム/リットル

② 試料

① 適当なアルミ製鍋（比較するのに新しい鍋、使い古しの鍋もおもしろいかもしれない）

② 塩（NaCl）

③ 酢酸または食酢

④ 蒸留水（なければ水道水か、市販のミネラルウォーター）

③ 器具

計量器 200ミリリットル、100ミリリットルの計量カップ

秤 1グラム単位で測定できるもの

実験準備

[試料1の作成]

1 それぞれの鍋に蒸留水を200ミリリットル取ります。

2 そのまま火にかけて約5分間、煮沸します。

3 煮沸後、さましてから200ミリリットルの計量カップに移し、量を確認して200ミリリットル以下だったら蒸留水を加えて200ミリリットルにします。

4 この液の一部を番号を書いたポリ容器に溜めておきます。

[試料2の作成]

- 1 それぞれの鍋に蒸留水を200ミリリットル取り、これに2グラム^{*}の塩を加えます (= 1%)。
^{*}それぞれの家庭で異なりますが、調理される料理の塩分濃度は1～2%程度とされています。
- 2 そのまま火にかけて約5分間、煮沸します。
- 3 煮沸後、さましてから200ミリリットルの計量カップに移し、量を確認して200ミリリットル以下だったら蒸留水を加えて200ミリリットルにします。
- 4 この液の一部を番号を書いたポリ容器に溜めておきます。

[試料3の作成]

- 1 それぞれの鍋に蒸留水を200ミリリットル取り、酢酸1ミリリットル^{*}を加えます (= 0.5%)。

パックテスト使い方

① 検水を専用カップの線(1.5mL)まで入れる

② 滴ピンのK-1 試薬を4滴(約0.25mL) 加える

③ 蓋をしてよく2～3回 振る

④ チューブ先端のラインを引き抜く

⑤ 指で強くつまみ中の空気を追い出す

⑥ そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に全量吸い込む

⑦ かるく5～6回振りませ1分後に比色する

1分

*酢を使う料理はこの程度の酢酸分が入っていることが多いとされています。

食酢を使用するばあい、蒸留水 180ミリリットルに食酢を20ミリリットル加えて200ミリリットルにします。

2 静置して10分後、この液の一部をポリ容器に溜めておきます。

【試料4の作成】

1 それぞれの鍋に蒸留水を200ミリリットル取り、塩 2グラムと1ミリリットルの酢酸を加えます。

2 静置して10分後、この液の一部をポリ容器に溜めておきます。

【試料5の作成】

1 [試料4] の残りの液量を確認して5分間、煮沸させます。

2 煮沸後、さましてからメスシリンダーで量を確認して減量した分蒸留水を加えて元の量にします。

3 この液の一部をポリ容器に溜めておきます。

□実験

[試料1] と [試料2] は、作成してから30~40分以内に測定してください。

【測定結果の予測】

同じ200ミリリットルの蒸留水を使用しても、溶け出す量はアルミニウムと水との接触面積によるわけで、鍋の内面形状や攪拌の方法で変わるはずですが（実際には調理される酸の濃度、種類、塩分濃度、加熱方法、加熱時間などで溶出量は変わりますので、食品中に溶出するアルミニウムの量を決定することはできません）。また、試料を作り測定までの時間が経過すると測定値が変わることもあります。ここでは調理の方法によって溶け出し方が異なることを確認します。

【測定結果の生かし方】

いろいろな条件で試料をつくり、測定をしてみるといろいろな結果

が得られるはずですが、とくに、数種類のもものが同時に入ると、アルミは溶出しやすく、加熱するとさらに溶出しやすい傾向があります。

〔試料5〕の濃度が高く出ると思われますが、一般に調理するばあいにはこの状態のもが多いのではないでしょう。

【解説】

アルミニウムは地殻中に広く、多量に含まれています。そのほとんどは酸化アルミニウムの形で存在し、水に溶けにくく安定しています。しかし酸、あるいはアルカリには溶け出しますので、酸性雨などによって溶け出したアルミニウムが植物に影響を与えはじめているともいわれています。

一般にはアルミニウムの量を多く摂取しても、そのほとんどは体外へ排出されて蓄積される分は少ないといわれています。

アルミニウムは、地球上に多大に存在する元素だけに、野菜、きのこ類にも含まれています。食べ物中のアルミニウムは容器からの溶出だけではありませんが、気になる人は豆知識を参考にしてください。

【豆知識】

- 酢物、酸性の食品（梅肉のジャムなど）をアルミ製の鍋で加熱すると、アルミニウムが溶出します。
- 調理した料理はアルミ鍋に長時間保存しない。とくに酢のもの。
- アルミニウム鍋は使用后、よく乾燥させておきます。
- アルマイト処理された容器はアルミ溶出防止には有効です。
- アルマイト処理は、アルミニウムの表面に酸化被膜加工をしたもの。アルマイト処理がされているかどうかはテスターでしらべられます。アルマイト処理された表面は電気を通しません。
- たわしや硬い器具、磨き粉などで表面をこすらない。アルマイト処理された表面を傷つけたり、アルミニウム表面に細かい傷が付くと溶出しやすくなります。

28 ハム・ソーセージの亜硝酸をしらべる

しらべてみよう! ハム・ソーセージの中には、食品添加物として亜硝酸塩（亜硝酸ナトリウムなど）が使われているといわれています。ほんとうかどうかしらべてみましょう。

□測定項目 亜硝酸

□測定方法 ナフチルエチレンジアミン比色法

□実験材料

①パケットテスト

亜硝酸 WAK-NO₂ 測定範囲0.02～1 ミリグラム/リットル

②試料

各種ハム、ソーセージ数種類

③器具

1 ミリリットル程度のメススポイト

ハムの直径より少し大きな小皿など(シャーレ、時計皿など)数枚
蒸留水

□実験準備

ハムの場合

- 1 小皿に蒸留水を5ミリリットル注ぎます。
- 2 用意したハムを薄くスライスします。
- 3 スライスしたハムを1枚小皿に静かに乗せて、1分間静置します。
- 4 ハムを静かに引き上げた後、この液を小ビンに移します。

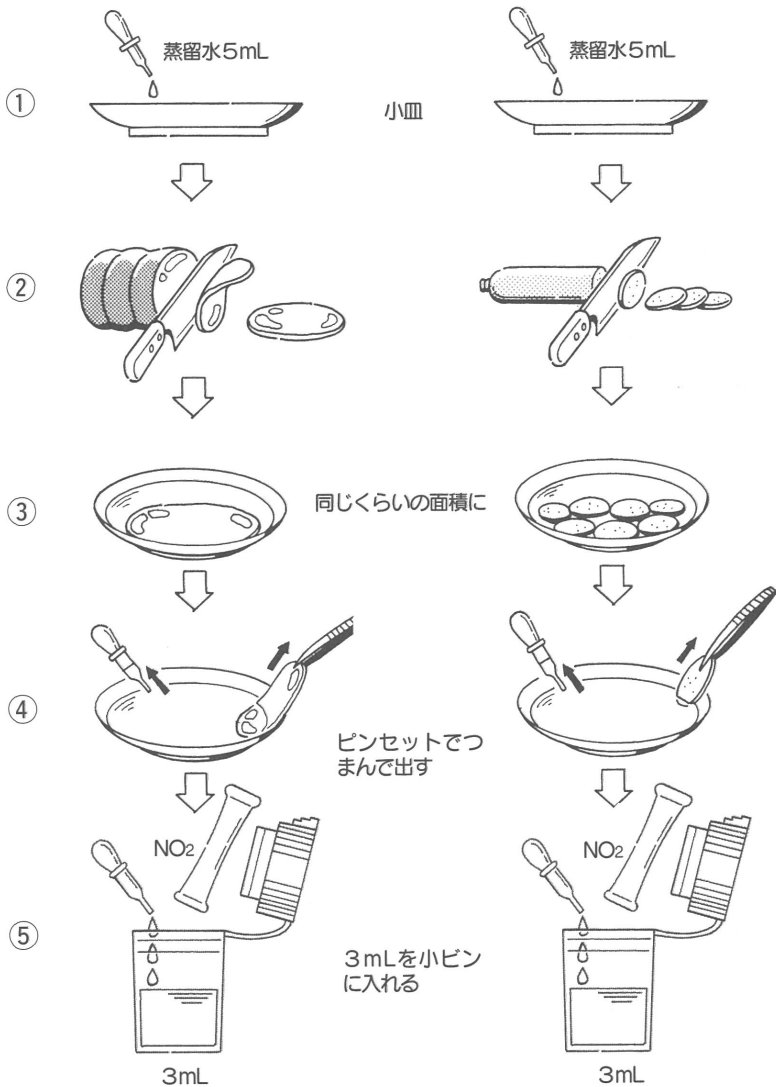
ソーセージの場合

- 1 小皿に蒸留水を5ミリリットル注ぎます。
- 2 用意したソーセージを薄くスライスします。
- 3 切断面がハムと同程度の面積になるように5～6枚を小皿に静かに載せて、1分間静置します。

実験手順

ハムのばあい

ソーセージのばあい



- 4 ソーセージを静かに引き上げた後、この液をパックテスト小ビンに移します。

□実験

パックテストで亜硝酸を測定します。

【測定結果の予測】

同じ亜硝酸量が含まれているハム・ソーセージでも溶出はその断面積に関係し、温度によっても変化します。

この実験では切断した表面から溶出した分しか測定できません。測定すると濃度が数値（ミリグラム/リットル）で表示されますが、このばあいの数値はまったく意味を持っていません。この実験ではハムやソーセージの試料の量が決められていないからです。

ハムやソーセージの中の亜硝酸の含有量をしらべるには、一定量の試料を粉碎し、含まれているすべての亜硝酸を水に溶出させてから測定しなければなりません。この方法でおこなっても、タンパク誤差があります（タンパク質は呈色妨害物質で、正確に測るには、遠心分離などの前処理が必要です）。パックテストによる検出は、あくまで目安です。

パックテストの使い方



- ① チューブ先端のラインを引き抜く
- ② 指で強くつまみ中の空気を追い出す
- ③ そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分くらい吸い込む
- ④ よく振りまぜ2分後に比色する

【測定結果の生かし方】

毎日食べている保存食、加工食品にもさまざまな化学薬品が使用されています。しらべてみながら、食品添加物の使用目的などを考えてみましょう。

【解説】

亜硝酸は自然界にもたくさん存在します。また、食品中に含まれる硝酸が体内に入ると、亜硝酸に変化するなど決して特別な化学物質ではありません。

食品添加物としては、発色剤、抗酸化剤としても使用され、とくに肉製品への添加は色をきれいに新鮮なように見せる効果と、ポツリヌス菌の繁殖をおさえる効果があるともいわれています。しかし、亜硝酸は発がん物質といわれているニトロソアミンを作り出すこともあるため、できるだけ摂取を減らした方がよいといわれています。

【豆知識】

- 食品衛生法によって、亜硝酸が食品添加物として認められている食品と禁止されている食品があります。

ハム、ソーセージ、ベーコン	70ミリグラム/キログラム以下
魚肉ソーセージ、魚肉ハム	50ミリグラム/キログラム以下
いくら、すじこ、たらこ	5ミリグラム/キログラム以下

29

炭酸飲料のりん酸をしらべる

しらべてみよう! 炭酸飲料の中には、食品添加物としてりん酸が使われているといわれています。ほんとうに入っているかどうかをしらべてみましょう。

□測定項目 りん酸

□測定方法 酵素法

□実験材料

①パケットテスト

りん酸(低濃度) WAK-PO₄(D) 測定範囲0.05~2ミリグラム/リットル

②試料

市販されている炭酸飲料水(色がついていても可)

③希釈道具

1ミリリットルのメススポイト

50ミリリットルのメスシリンダー

100ミリリットルのメスシリンダー

100ミリリットルのビーカー

蒸留水

□実験準備

多くはパケットテストの測定範囲を越えていますので、測定範囲内に入るように希釈しておきます。

・お茶類(缶入) : 50倍

・ジュース類 : 100倍

・コーラ類 : 500倍

・希釈の方法(持っている道具に合わせて希釈してください)

50倍……試料(お茶など)をメスピペットで1ミリリットル採っ

て、50ミリリットルメスシリンダーへ入れます。蒸留水を加えて50ミリリットルにします。

100倍……試料（ジュースなど）をメスピペットで1ミリリットル採って、100ミリリットルメスシリンダーへ入れます。蒸留水を加えて100ミリリットルにする。

500倍……試料（コーラ類など）をメスピペットで1ミリリットル採って、ピーカーへ入れます。蒸留水を加えて50ミリリットルにします。よく攪拌してこの液5ミリリットルを50ミリリットルメスシリンダーへ入れます。蒸留水を加えて50ミリリットルにします。

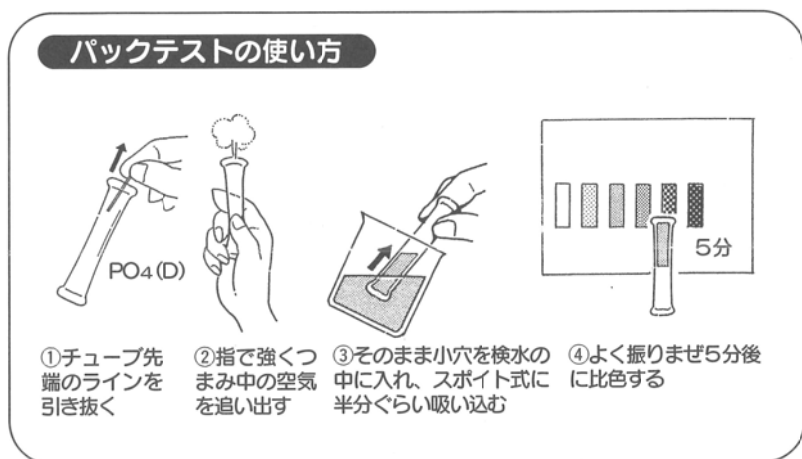
もっと簡単な方法は、ストロー（直径6ミリ）で4センチの試料を採り、500ミリリットルペットボトルの中にねじ口まで蒸留水を入れます。

【注意】

それぞれの試料の希釈倍率を記録しておきましょう。

□実験

- 1 試料を容器に入れて並べます。
- 2 パックテストで測定します。



【測定結果の予測】

最初から希釈することで概略値が想像できてしまいますが、このように清涼飲料水にはたくさんのりん酸が含まれています。だから単純によくない、ということではなく何のために添加されているのか考えてみてください。

【測定結果の生かし方】

のどが渴いたときに飲むのど越しのよさは炭酸飲料の醍醐味です。ほどよい酸味、そして炭酸の保持にいろいろ工夫がされています。

りん酸は植物だけではなく、人間の体にも必要なもので嫌悪感を抱く必要はありません。しかし、「過ぎたるは及ばざるがごとし」のことわざのように摂りすぎはよくありません。清涼飲料には、糖分もたくさん入っています。飲み過ぎないように注意したいものです。

【解説】

りん酸は人間の体形成にも必要な物質で1日の必要量は70ミリグラム/キログラムとされています。りん酸は炭酸飲料以外の食べ物にも含まれ、多くの加工食品にそれぞれの目的に合わせて食品添加物として添加されているために、現在では過剰に摂取しているといわれています。過剰摂取はカルシウムの体内摂取を妨げると指摘されています。

●りん酸の用途

品名	おもな効果
ジュース	変色防止、沈でん防止、ビタミンCの安定化
炭酸飲料	ガスの保持、ビタミンCの酸化防止
ジャムの缶詰	変色・変質の防止、粘度の安定化
しょう油	変色防止、味の調和、カビ発生の抑制
豆腐	風味の向上、キメを細かくする
アイスクリーム	硬・軟度の調節、気泡の保持力
練りもの製品	保水力の増加、タンパク変質の防止など

【注意】

この実験ではりんの中でも、りん酸イオン (PO_4^{3-}) の形で存在するものだけしか検出できません。食品添加物として添加されているりのイオン化合物は各種あり、単に水に浸しただけの抽出ではパケットで検出できないことがあります。

【豆知識】

- 自然のりん分としては煮干し類、チーズ類、海草にたくさん含まれています。
- りん酸とその塩類

りん酸、りん酸一アンモニウム、りん酸二アンモニウム、りん酸三アンモニウム、りん酸一カリウム、りん酸二カリウム、りん酸三カリウム、第一りん酸カルシウム、第二りん酸カルシウム、第三りん酸カルシウム、りん酸一ナトリウム、りん酸二ナトリウム、ピロりん酸カリウム、ピロりん酸ナトリウムなど。

30 牛乳のりん酸をしらべる

しらべてみよう! 市販の炭酸飲料やジュースには食品添加物として大量のりん酸が加えられていましたが、牛乳はどうでしょうか？牛乳の中のりん酸をしらべてみましょう。

□測定項目 りん酸

□測定方法 酵素法

□実験材料

①パックテスト

りん酸(低濃度) WAK-PO₄(D) 測定範囲0.05~2ミリグラム/リットル

②試料

市販されている牛乳、(搾りたての生乳があれば、それも可)

③希釈道具

1ミリリットルのメススポイト

50ミリリットルのメスシリンダー

50ミリリットルのビーカーなど。

□実験準備

パックテストの測定範囲を超えていますので、測定範囲内になるように(今回は2500倍に)希釈しておきます。(試しに、まず希釈せずに測定してみてもおもしろいでしょう。)

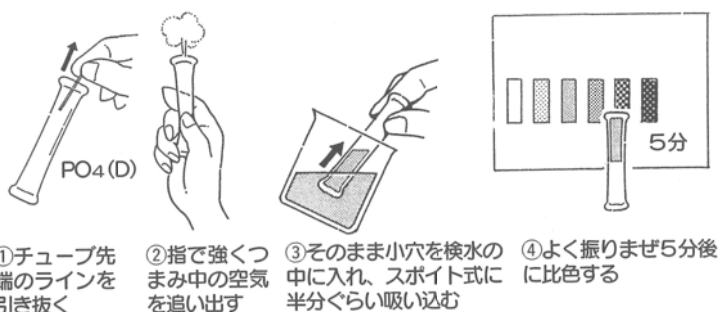
・希釈の方法(持っている道具に合わせて希釈してください)

例えば、1ミリリットルの試料をメススポイトでビーカーにとって、蒸留水あるいは水道水を加えて50ミリリットルにします。よく攪拌して、この液1ミリリットルを50ミリリットルメスシリンダーへ入れ、蒸留水あるいは水道水を加えて50ミリリットルにします。

【注意】

希釈に水道水を使用するばあいは、水道水中の残留塩素がパケットテストでのりん酸の測定を妨害しますので、あらかじめ水道水を汲んでおき、一晩放置するか、あるいは一度沸騰させて残留塩素を蒸発させてから使用してください。

パケットテストの使い方



- ①チューブ先端のラインを引き抜く
- ②指で強くつまみ中の空気を追い出す
- ③そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分ぐらい吸い込む
- ④よく振りまぜ5分後に比色する

□実験

- 1 試料を容器に入れて並べます。
- 2 パケットテストに吸い込みます。
- 3 5分後に比色します。
- 4 記録用紙に結果を記録します。

【測定結果の予測】

最初から希釈することで概略値は想像できますが、このように牛乳にはりん酸などのたくさんのりんが含まれています。さらに、生乳を測定するとわかりますが、牛乳の場合はジュースなどと違って後から添加したのではなく、最初から牛乳の成分に大量のりん酸が含まれています。ただし、生乳中のりんのすべてがりん酸の形ではありません。

【測定結果の生かし方】

なぜ、牛乳の中にもりんがたくさん入っているか、またそのりんは栄養いっぱい牛乳の中でどのような役割をしているのか、本などで調べてみましょう。

【解説】

牛乳には約3.0%のたんぱく質、約3.5～4.0%の脂質、約4.6%の糖質、無機質（ミネラル）ではカルシウム、ナトリウム、カリウム、マグネシウム、りん、硫黄、塩素などを豊富に含み、さらには微量の鉄、銅、亜鉛、よう素なども含んでいます。この中で、カルシウムやりんは他の食品に比べて、私たちの体内に吸収されやすい形をしており、骨や歯の形成に重要な役割を果たします。また、他のミネラル分も体液や血色素、酵素、ビタミンなどの構成元素として重要です。このように牛乳は私たちの身体にとって重要な物質を非常に多く含んでいます。

31

もやしのりん酸をしらべる

しらべてみよう! もやしはスーパーや八百屋さんで袋入で販売されています。もやし自体のりん酸をしらべてみましょう。

測定項目 りん酸

測定方法 酵素法

実験材料

①パックテスト

りん酸(低濃度) WAK-PO₄(D) 測定範囲0.05~2ミリグラム/リットル

②試料

原料の違う、名柄の違うもやしを数種類

実験準備

①用意した銘柄が違うもやしの、同じような太さのものを選んで、それぞれ1本ずつ集めます。

②根の部分から約1センチ離れたところから、1センチの長さに切り取ります。

③小ビンに水(水道水でも可)を3mL入れます。

④③の中に②のもやしを入れ、軽く振って10分間放置します。

実験

①試料を容器に入れて並べます。

②パックテストで測定します。

【測定結果の予測】

ほとんどの試料からりん酸が検出されます。

【測定結果の生かし方】

植物自体に含まれる化学物質と栄養の関係を学ぶ事例になります。

【解説】

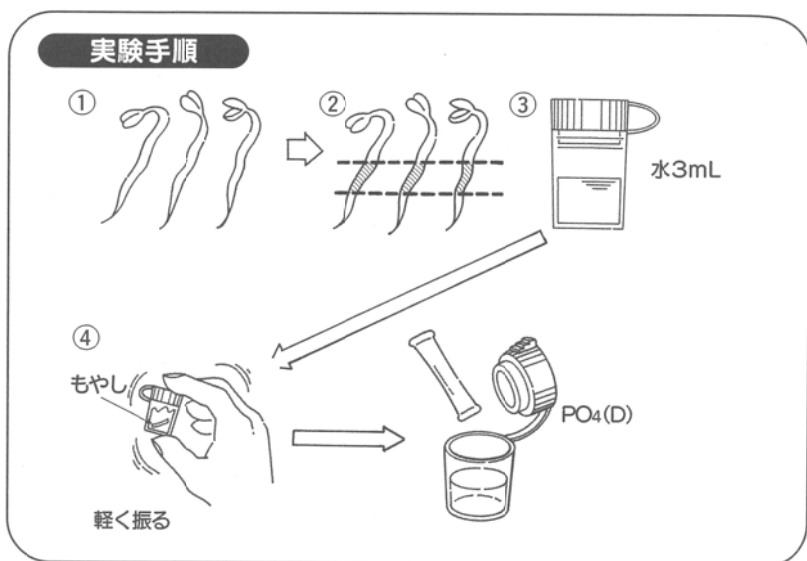
もやしは、種子から発芽してこれから植物として成長する最初の段階です。もやしは、水だけで発芽し、根を出し、茎をつくり、光を求めて光合成ができる段階まで自分の持っている栄養だけで賄わなければなりません。このためもやしは、種子自体がもっていたりん分を発芽に必要なエネルギーとして代謝し、りん酸の形で体に蓄えています。

【参考】 もやしに含まれるりん分

「日本食品標準成分表」より

大豆もやし (生)	75ミリグラム
緑豆 (生)	48ミリグラム
ブラックマッペもやし (生)	32ミリグラム
アルファルファもやし	48ミリグラム

注意：100グラム中のりん合計値としての値です。生体にはいろいろなりんの形で含まれていますが、パケットテストで測定できるりんはりん酸イオン(PO_4^{3-})だけです。



32 かまぼこ、ちくわの過酸化水素をしらべる

しらべてみよう! 練り製品には、過酸化水素が食品添加物として使われているといわれています。ほんとうかどうかしらべてみましょう。

□測定項目 過酸化水素

□測定方法 酵素法

□実験材料

①パックテスト

過酸化水素 WAK-H₂O₂ 測定範囲0.05~5ミリグラム/リットル

②試料

適当に買い揃えたかまぼこ、ちくわ、うどん

③器具

小皿

蒸留水

□実験準備

①小皿に蒸留水約5ミリリットルを注いでおきます。

②薄くスライスしたかまぼこ5枚を小皿の蒸留水に浸します。すぐに引き上げ、浸した蒸留水をただちに小ビンに入れます（過酸化水素は分解しやすいので手早く作業します）。

□実験

①試料を容器に入れて並べます。

②パックテストで測定します。

【測定結果の予測】

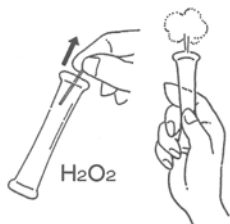
実験結果にがっかりするかもしれません。検出することは少ないと思われる。

【解説】

かまぼこやちくわを切ると真っ白な身があらわれます。でも、本来は魚のすり身は、あんなに白いものばかりではありません。

過酸化水素は殺菌、漂白の効果があり、以前は食品添加物として広く使用されていました。かまぼこ、ちくわ、うどんでは100ppm以下、その他の食品では30ppm以下で使用が許可されていました。しかし、弱いながらも発がん性があるということで1980年10月1日に使用基準が改正され、「最終食品の完成前に分解または除去しなければならない」とされ、現在は一部の食品加工以外では使用されていません。

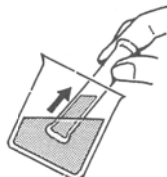
パックテストの使い方



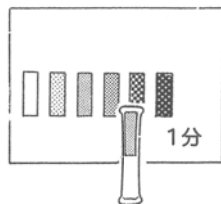
①チューブ
先端のライン
を引き抜く



②指で強くつまみ中の空気を追い出す



③そのまま小穴を検水中に入れ、スポイト式に半分ぐらい吸い込む



④よく振りまぜ1分後に比色する

33

お風呂・プールの水をしらべる

しらべてみよう! お風呂やプールは人が入るとだんだん汚れていきます。その汚れ具合をしらべてみましょう。一年中使う温水プールは水の取り替えをあまり行わず、少しずつ汚れてきますが、夏の間しか利用しない学校のプールはそれほど汚れていないようです。

□測定項目 過マンガン酸カリウム消費量

□測定方法 常温アルカリ性過マンガン酸カリウム消費法

□実験材料

①パックテスト

過マンガン酸カリウム消費量 WAK-PMD 測定範囲0~15ミリグラム/リットル

②試料

お風呂の水 … 人が入る前の水（水道水でほとんどゼロ）と何人かが入った最後の水。

プールの水 … 水道水と比べてみましょう。

③器具

きれいな容器 … 試料の数だけ

□実験

①お風呂・プールの水をそれぞれきれいな容器に取ります。

（測定する場合、調べる水の温度はなるべく一定にしてください。）

②パックテストに吸い込みます。

③7分後に比色します。（20℃の場合）

④記録用紙に結果を記録します。

【測定結果の予測】

最初はゼロですが、お風呂の水は人が入るごとにだんだんと汚れてきます。（数値がおおきくなります。）

【解説】

人が水の中に入ると、汗、油、人からでる汚れなどの有機物が水の中に増えます。このすべてをバクテテストで測っているわけではありませんが、一部の測れる物質だけでも調べることで、汚れの量が増えるのがわかります。

いろいろな人が大勢入るお風呂（公衆浴場）やプールには、次のような基準があり、これ以上の数値にならないように管理されています。公衆浴場は毎日、水を取り替えたり、新しく水を補給したりしていますが、プールについては水の量が多く取り替えるのは大変です。そのため多くのプールではその中の水を循環し、ろ過と消毒をおこなっています。

●遊泳用プールの衛生基準

過マンガン酸カリウム消費量 12ミリグラム/リットル以下

●公衆浴場における水質基準

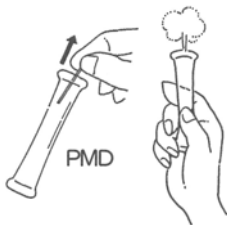
・原水、原湯、上り用湯の水質基準

過マンガン酸カリウム消費量 10ミリグラム/リットル以下

・浴槽水の水質基準

過マンガン酸カリウム消費量 25ミリグラム/リットル以下

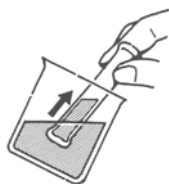
バクテテストの使い方



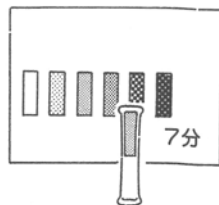
① チューブ
先端のライン
を引き抜く



② 指で強くつまみ中の空気を追い出す



③ そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分くらい吸い込む



④ よく振りまぜ、20℃の時7分後に比色する。途中1、2回振りまぜる

しらべてみよう! 食器を台所用合成洗剤で洗っている家庭が多いのですが、合成洗剤の成分は、水ですすぐと完全に落ちるのでしょうか。何回くらい洗い流せば、食器に残らないかをしらべてみましょう。

□測定項目 合成洗剤（陰イオン界面活性剤）

□測定方法 メチレンブルー壁面付着法（クロロホルム不要）

□実験材料

①陰イオン界面活性剤測定セット WA-DET

②試料

陰イオン界面活性剤を含む台所用洗剤

③器具

適当な皿 数枚

皿が入るくらいのおおきめのボウル 3つ

□実験準備

①洗剤の容器に表示されている「指定濃度」に薄めた洗剤液を作ります。

②洗剤液をスポンジに含ませて皿を洗います。

●試料の作り方

3つのボウルにきれいな水をはります。合成洗剤で洗った皿を軽くしずくを除いた後、順をおって3つのボウル中の水でよくすすぎます。このボウルの水を試料とします。

□実験

①試料を容器に入れて並べます。

②陰イオン界面活性剤測定セットで測定します。

【測定結果の予測】

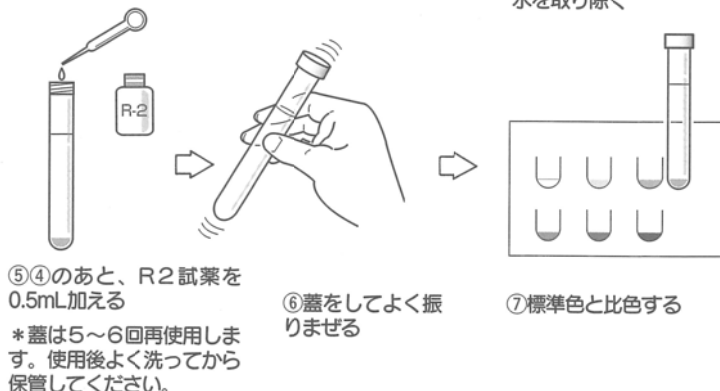
食器の形状、すすぎの回数、時間で合成洗剤の残留濃度が変化します。

【測定結果の生かし方】

どのような洗い方をすれば残留物が少ないか、工夫をしながら洗い方を研究してみるのもおもしろいでしょう。

陶器、磁器、ガラス、素焼きなど食器の素材によって残留物量の違いがあるかどうか、測定してみてください。

界面活性剤測定セットの使い方



35 洗髪したシャンプーの残留をしらべる

しらべてみよう! 朝晩シャンプーで髪を洗う人もいるのですが、せっかく髪を洗っても洗剤が残っていたのでは意味がありません。何回すすいたら、洗剤成分は落ちるのでしょうか。すすぎ水に合成洗剤が残っていないかしらべてみましょう。

□測定項目 合成洗剤（陰イオン界面活性剤）

□測定方法 メチレンブルー壁面付着法（クロロホルム不要）

□実験材料

①陰イオン界面活性剤測定セット WA-DET

②試料

陰イオン界面活性剤を含むシャンプーを使って実際に髪を洗ったすすぎ水。

●試料の作り方

①いつもの半分程度のすすぎ回数のすすぎ水。

②もうよいか、と思うまですすいだ水。

③シャワーのすすぎの時間をいつもの半分程度にしたすすぎ水。

④シャワーのすすぎの時間をもうよいか、と思うまですすいだ水。それぞれをビンに集めて、それぞれの番号を書いておきます。

□実験

①試料をそれぞれの容器に半分以上入れて並べます。

②陰イオン界面活性剤測定セットで測定します。

【測定結果の生かし方】

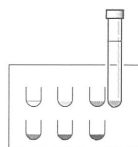
大抵の人はこの程度でいいだろうと、すすぎの回数を何となく決めているのではないのでしょうか。洗剤が残っていれば問題ですし、すすぎ過ぎは湯水のムダ。必要かつ十分なすすぎの回数を実際に確認してみれば安心です。

実験手順

①いつもの半分くらいのす
すぎ回数



あなたは5杯くらい？

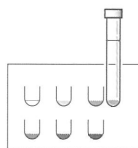


比色

②充分なすすぎ回数



10杯くらい？

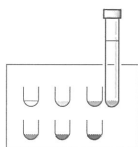


比色

③いつもの半分くらいの
シャワー時間



30秒くらい？

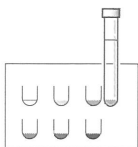


比色

④充分なシャワー時間



60秒くらい？



比色

しらべてみよう! 合成洗剤で洗濯する家庭が多いのですが、洗濯物に合成洗剤が残留しないのでしょうか。何回すすいたら、洗濯物から完全に洗剤成分はなくなるのかしらべてみましょう。

測定項目 合成洗剤（陰イオン界面活性剤）

測定方法 メチレンブルー壁面付着法（クロロホルム不要）

実験材料

①陰イオン界面活性剤測定セット WA-DET

②試料

陰イオン界面活性剤を含む洗剤で洗った洗濯機の最終すすぎ水

● **試料の作り方**

①陰イオン界面活性剤を含む洗剤で洗った洗濯物のすすぎ水。

②いつもの半分程度のすすぎ回数のすすぎ水。

③もうよいかな、と思うまですすいだ水。

それぞれをビンに集めて、これを試料とします。

実験

①試料をそれぞれの容器に半分以上入れて並べます。

②陰イオン界面活性剤測定セットで測定します。

【測定結果の生かし方】

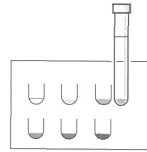
全自動洗濯機のばあいほとんど洗濯機まかせです。信用してそのまま使用しています。ほんとうに大丈夫なのでしょうか？ 高濃度の残留が検出されたときには洗剤の量を減らすなど工夫が必要です。せっかくきれいに洗った洗濯物に洗剤が残っていたのでは、とくに直接肌に接触する下着などは問題です。

二槽式の洗濯機のばあいは「溜めすすぎ」を、手洗いのばあいには

実験手順



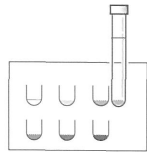
① 手洗いですすぎ



比色



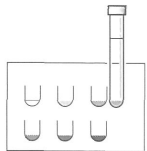
② 洗濯機でのいつもの半分程度のすすぎ



比色



③ 洗濯機での十分なすすぎ



比色

洗濯液を一度絞ってからのすすぎをします。あるいはお湯を使うなども工夫してみる価値があると思います。合成洗剤の残留が嫌だと、ただ、すすぎの回数を増やしたのでは、水も手間もムダです。

【解説】

界面活性剤は、洗剤の主成分であり、汚れ落としの主役です。界面活性剤には陰イオン系、陽イオン系、非イオン系、両イオン系があります。

洗濯用合成洗剤には、おもに陰イオン系、非イオン系の界面活性剤が単独で、あるいは混合して配合されています。洗剤の容器に表示されている「品質表示」を見て、どんな界面活性剤が使われているか、確かめてください。

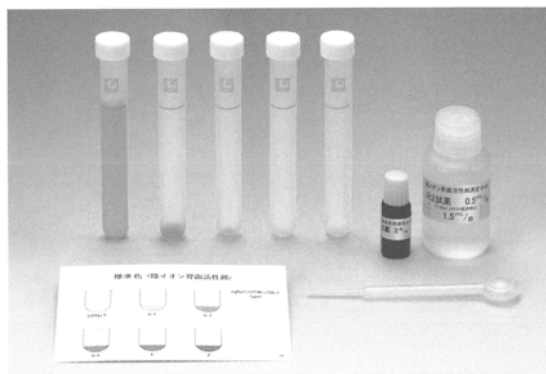
衣類などに残った微量の陰イオン界面活性剤が肌にどのような影響があるのか、数値としては解明されておられません。この実験は比較試験ですから、得られた測定値の大小から健康にどのような影響があるかを論じることはできません。

【豆知識】

- 界面活性剤は洗剤以外にも使用されています。たとえば、歯磨きにも添加されています。

【情報】

〈界面活性剤測定セット〉
50回分が1セットになっています。



37 タンス・学習机のホルムアルデヒドをしらべる

しらべてみよう! 新しい家具や、新築の家では、接着剤に含まれているホルムアルデヒドの濃度が高いといわれます。ホルムアルデヒドの濃度をしらべてみましょう。大気中のホルムアルデヒドを水に吸収させて、その水を測定します。

□測定項目 ホルムアルデヒド

□測定方法 MBTH比色法

□実験材料

①パケットテスト

ホルムアルデヒド WAK-FOR 測定範囲0～2ミリグラム/リットル

②器具

大きさを揃えたコップ

蒸留水（国産のミネラルウォーター、あるいは水道水の湯ざましでも可）

□実験準備

コップに蒸留水を20ミリリットル入れたもの。これをしらべたいものの数だけ用意します。

●試料の作り方

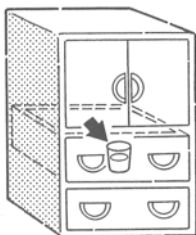
- ・合板を使った新しいタンス、学習机の引出しなどに水を入れたコップを置き、24時間放置します。
- ・実験対象として、古いタンス（1年以上経過した家具など）の引出しの中にも同じ時間放置します。
- ・新築の家のタンスや押し入れなどに同じ時間放置します。

□実験

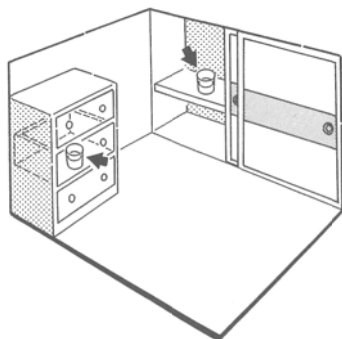
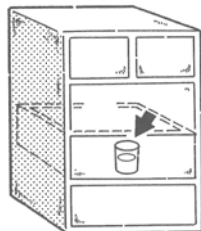
- 1 試料をそれぞれの容器に半分以上入れて並べます。
- 2 パケットテストで測定します。

実験手順

①新しいタンスの引出しにコップを置く



②古いタンスの引出しにコップを置く



③新築の家の押入れやタンスにコップを置く

パケットテストの使い方



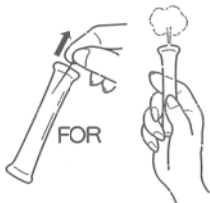
①検水を専用カップの線（1.5mL）までとる



②小パックを切って中身を加える



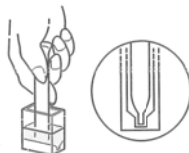
③蓋をして5~6回振って溶かし、3分間放置する



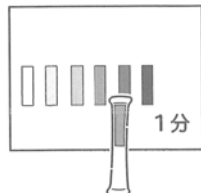
④チューブ先端のラインを引き抜く



⑤指で強くつまみ中の空気を追い出す



⑥そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に全量吸い込む



⑦かるく5~6回振りませ1分後に比色する

【測定値を見る時の注意】

この方法で測定したホルムアルデヒド濃度の値（ミリグラム/リットル）は、同じ条件で測定した値と単純に比較する時のみに有効です。つまり、同じ条件で設置した時に、結果の数値は大小の比較がわかるだけで、室内大気中のホルムアルデヒド濃度が測れるものではありません。

室内大気中の濃度を測定するためには、一定量の水を入れた吸収ビンに一定量の空気を通して、ホルムアルデヒドを吸収させて測定し、これを空気1 m³中の濃度に換算して表示しなければなりません。

- 空気中の表示濃度の単位は、空気1立方メートル中のホルムアルデヒドの重量を示す場合はmg/m³、同じく容積を示す場合はppmで表示します。
- 水中の表示濃度の単位は、他の物質と同様に水1リットル中のホルムアルデヒドの重量、mg/Lで表示します。

【測定結果の予測】

古いタンスからの検出は少なく、新しい合板を使用したタンスからはたくさん検出できます。

【測定結果の生かし方】

ホルムアルデヒドが検出されたタンスなどへは肌着の収納はしないようにしてください。しばらく開放して濃度を下げてから使用するが、当初は影響のない品物を入れるようにします。

【豆知識】

- ホルムアルデヒドを水に溶かしたものがホルマリン（37%水溶液の商品名）です。
- 腐敗防止に有効で、でんぶん糊の中にも添加されています。
- ホルムアルデヒドは濃度が高いと中毒、さらに濃度が高くなれば死亡することにもなります。作業環境でのホルムアルデヒドの規制値は、0.5ppm（日本産業衛生学会の許容濃度勧告値、1998年）です。室内濃度は、WHOによると「30分平均値で0.08ppm以下」

という値を指針値としています。

- エチルアルコールからはアセトアルデヒドが生成され、これがお酒を飲んだあとの不快感、二日酔いの原因です。
- 腐敗防止のため生体保存にも利用され、昆虫採集のときにも使用されています。
- 非常に水に溶けやすい物質なので、新築の家で熱帯魚などを飼えばあい、水槽をエアレーションするのは要注意です。
- メタノールが不完全燃焼するとホルムアルデヒドが発生します。小型で便利な熱源として使用される固形燃料から発生することがありますので、使用するばあいには換気に気を付けてください。
- 新築の家のシックハウス症候群が問題になっています。刺激的な臭いがしている間はよく換気をするようにしてください。

【参考】

- ホルムアルデヒドは合板を製造するときに使用する尿素系接着剤に含まれ、製造後もしばらくホルムアルデヒドを放出します。
- 合板（JAS規格）、パーティクルボード（JIS規格）には、ホルムアルデヒドの放散量によって、それぞれF1～F3、E0～E2の各3段階の区別があります。

【参考】ホルムアルデヒドの空気中の濃度測定

- ① 小ビンに、3 mLの蒸留水を入れ、戸棚、タンスなどの測定したい場所に一定時間（表参照）放置します。
- ② 放置後、小ビンの中の水を測定します。
- ③ この方法でおおよその空気中の濃度を知ることができます。ただし、測定場所の温度や湿度、気流などによって、測定値は2、3倍と大きく変化しますので、概略値と考えてください。

放置時間	パックテストの値	空気中の濃度
1時間	0.2 ミリグラム/リットル	2 ppm (=2.5mg/m ³)
8時間	0.2 ミリグラム/リットル	0.2ppm (=0.25mg/m ³)
24時間	0.15ミリグラム/リットル	0.1ppm (=0.13mg/m ³)

38 工場排水をしらべる

しらべてみよう! 工場から排出される水は、いろいろ問題になる危険な物質が含まれていることがあります。工場排水基準が定められ厳重に監視されていますが、基準値に適合しているかどうかしらべてみましょう。

- 測定項目 pH
- 測定方法 pH指示薬 混合指示薬法
- 実験材料

①パケットテスト

pH WAK-pH 測定範囲pH5.0～9.5

②試料

工場排水

実験

パケットテストでpHを測定します。

【測定結果の予測】

pH5.8～8.6の間。

【測定結果の生かし方】

工場排水が流れ込む河川の上流と工場排水、そして流れ込んだ後の河川のpHをしらべて生態系の変化などがあるかどうか、しらべてみる必要があるかもしれません。

【参考】

工場排水で管理されているのはpHだけではありませんので、排水溝附近は注意深く観察することが必要です。工場の種類によっては金属類が含まれていたり、CODが多かったり、あるいは窒素、りん酸

系が多いところもあるかも知れません。

排水が流れ込んだ後の河川の状況、たとえば異常に植物が繁茂している、植物が枯れているなどの変化が認められるときには何か排水に含まれている可能性がありますので注意深く観察してください。

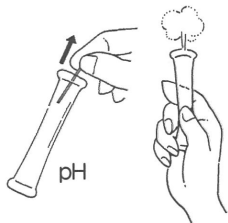
【解説】

工場排水は水質汚濁防止法^{*}により排水基準が定められており、排水を河川に放流するにあいには十分な処理設備を設置し、運転管理をしています。また、自己管理だけではなく定期的に所轄の官庁の立ち入り検査、報告書の提出と厳しい管理の下におかれているので、企業排水を調査しても排水基準値以内にあるのではないのでしょうか。

ただし、基準内ではあっても多量に注がれる企業排水は、自然生態へ影響を与える可能性があります。

*水質汚濁防止法……カドミウム及びその化合物、シアン化合物、有機燐化合物、鉛及びその化合物、砒素及びその化合物、その他有機塩素系溶剤、農薬などの有害物質の項目と水素イオン濃度、BOD、COD、浮遊物質、ノルマルヘキサン抽出物質＝油分、銅、亜鉛などの生活環境項目が規定され、その基準値は工場別、規模別、地域別などに細かく分れています。

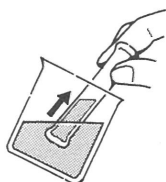
パックテストの使い方



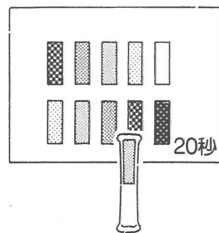
① チューブ
先端のライン
を引き抜く



② 指で強くつまみ中の空気を追い出す



③ そのまま小穴を検水の中に入れ、スポイト式に半分ぐらい吸い込む



④ よく振りまぜ20秒後に比色する

はやわかり用語解説

●残留塩素

塩素は水道水の原水の汚れを分解するために投入される。この塩素の使用量は原水の汚れに比例する。塩素は原水中の有機物と反応し、発がん性物質のトリハロメタンなどが生成される。殺菌を目的に水道水に添加されていた塩素は水道水中に残留塩素の形で残る。残留塩素が水道水からまったく検出しないばあいは、何らかの原因で残留塩素が消費されたことが考えられ、一度検査をしてみる必要がある。残留塩素の水道法の管理目標値は1ミリグラム/リットル以下。同法の施行規則では少なくとも遊離残留塩素が0.1ミリグラム/リットル以上あること。

●赤水（あかみず）

水道から出る茶色の水。おもに不溶の鉄が混ざったもの。鉄分の水道法の基準値は、0.3ミリグラム/リットル以下。

●硬水と軟水の定義

硬水＝おおむね硬度が150～200ミリグラム/リットル以上が硬水。軟水＝硬度の数値の低い水。日本の多くの飲料水は硬度10～100ミリグラム/リットル以内に入る軟水。水道法の基準では、全硬度（総硬度）は300ミリグラム/リットル以下。

●pHの値

酸性かアルカリ性かの程度を0から14までの数値で表わしたもので、7が中性。数値が小さいほど酸性が強く、数値が大きいほどアルカリ性が強いことを示す。pHは水素イオン濃度指数のことで、この値は対

数で表し、1の違いは10倍の差。pHの正確な定義は、 $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ であり、溶液中の H^+ （水素イオン）の量を1リットル当たりのグラムイオン数で示したものの。pHの値は水の性質を知る上で重要な要素。

●フミン質

土壌や石炭などに含まれる動植物が分解してできた黒褐色の有機質で、溶剤に浸出されず残留する部分をいう。

●有機物

炭素を含む化合物一般を示す言葉。これは動植物の体を形成している主要な化合物であるため、水中に含まれる場合には、水質を汚す物質になる。水道水中の基準値は、過マンガン酸カリウム消費量として10ミリグラム/リットル以下。

●窒素循環

動植物の体や排泄物のなかには、多くの窒素化合物が含まれ、環境中で分解されると最初はアンモニア態窒素に変化し、亜硝酸態窒素、最終的に硝酸態窒素に変化する。この硝酸態窒素の形で、植物の栄養として吸収・分解され、植物が生長する。これを動物が食べて、生長するという食物連鎖が繰り返される。これが動植物の間の窒素循環。

●亜硝酸

動植物の腐敗物、排泄物などによる水環境の汚染の代表的な指標のひとつ。汚染源が、河川、井戸、湧き水に流入すると、アンモニアが水中の酸素やバクテリアなどによって酸化され、亜硝酸になる。亜硝酸は不安定な物質で、酸素やバクテリアなどによって硝酸に変化（酸化）したり、硝酸から酸素がとれて（還元）、また亜硝酸になることもある。

●硝酸

アンモニア、亜硝酸が酸化されることによって生成される窒素化合物の最終形態。水道法の基準では亜硝酸態窒素と硝酸態窒素との合計量が10ミリグラム/リットル以下と定められている。体内に入ると

亜硝酸へ還元され、魚貝類に含まれるアミノ酸と反応すると、N-ニトロソアミンが生成される。N-ニトロソアミンは発がん性が疑われている。硝酸を過剰摂取すると、とくに乳児はメトヘモグロビン血症という病気になりやすく、硝酸態窒素で22ミリグラム/リットル以上を含む水は乳児に使用すべきではない、とWHOでは勧告している。

●酸性雨

一般にpH5.6以下の雨をいう。化石燃料（石炭、石油）を燃やすことで硫黄酸化物、窒素酸化物が大気中に放出され、やがて硫酸や硝酸となり、これが雨に混じって地上に降り注ぐ。汚染物質を含んでいない雨でも大気を通り抜けてくるときに空気中の炭酸ガスを吸収して、通常pH5.6程度になる。したがって、これより低いpHの雨を酸性雨と呼ぶ。実際には、雨は汚染物質以外にも大気中にあるさまざまなものを含んでいるので、pHが5より小さい雨は確実に酸性雨といえるだろう。また、降り始めの雨はそれまで大気中に留まっていた硫黄酸化物や窒素酸化物を多く含んだり、逆にアルカリ性物質を含んでいる可能性もあるので、pHの変化が激しい。

●電気伝導率（度）

電気伝導率、電気導電率、単に伝導率、導電率ともいう。純水は電気を通さず、電気が通れば何か不純物が含まれていることを意味する。電気伝導率（度）は、水の純粋さを表わすために使用される。一般に電気伝導率（度）が高いほど不純物が多いことを示す。食塩などが入っても大きくなるので、食品などでは電気伝導率（度）が高いからといって、不純物＝汚れているという表現は必ずしも適当ではない。海岸近くでは、海水の影響で電気伝導率（度）が上がるあいがある。溶液が持つ、電気抵抗（ $\Omega \cdot m$ ）の逆数に相当し、S/mの単位で表わす。水の試験では、25℃の値を用いてS/mの1000分の1を単位とし、mS/m（ミリジーメンズ毎メートル）と表わす。

●緩衝能力

たとえば、何も入っていないきれいな水にレモンの汁が1滴入っただけでもすぐに水は酸性になってしまうが、反対にレモンの汁に雨

水などが1滴入ってもpHはまったく変化しない。このように相手の影響で、pHが大きく変化するものを緩衝能力が低い（あるいは小さい）といい、反対を緩衝能力が高い（あるいは大きい）という。

●BOD

生物化学的酸素要求量（Biochemical Oxygen Demand）。好気性微生物が水中の有機物を酸化するときに使用（消費）した溶存酸素の量を表わすもので、水の汚れを示す代表的な指標。生物化学的酸素消費量ともいう。

●COD

化学的酸素要求量（Chemical Oxygen Demand）。強力な酸化剤を加えて、水中の有機物を酸化するときに使用（消費）した酸化剤の酸素の量。水の汚れを示す代表的な指標。水中での酸素消費量の値が高い＝有機物が多い＝水が汚染されている。化学的酸素消費量ともいう。

●BODの測定法

BODは簡単には測定できない。測定する水を密閉容器（培養びん）に入れ、通常20℃で5日間、恒温器で保存し、初期と5日後の溶存酸素を測定し、5日間で減少した溶存酸素の量をmg/Lで表わしたものがBOD₅。微生物では分解されない物質もあるため、必ずしもCODの値とは一致しない。微生物の分解で表わすBODの方がより自然の環境条件に近いと考えられるが、測定値を得るのに5日間かかるのが欠点。

●CODの測定法

酸化剤を使って測定するが、JIS K0102では、次の3通りが指定されている。①硫酸酸性100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量（COD_{Mn}）②アルカリ性過マンガン酸カリウムによる酸素消費量（COD_{OH}）③ニクロム酸による酸素消費量（COD_{Cr}）。日本では①が一般的には採用され、アメリカ、ヨーロッパでは③による方法が一般的。測定法によって測定値が変わる。

●りん酸と富栄養化

植物プランクトンや藻類がりんを栄養源として食べるため、自然状態の水中にはわずかしかが存在しない。工場排水、家庭排水が水環境中に流れ込むと、りん酸が増え、過剰になった状態を富栄養化という（りんとして0.02ミリグラム/リットルが水域での富栄養化の目安値）。過剰なりんは、植物プランクトンや藻類を増殖させ、赤潮やアオコの発生の原因となる。りん酸は加工食品に食品添加物として多用されているので、台所からの排水には配慮が必要。

●りん酸と人体

りん酸は人間の体の形成に必要な物質で、1日の必要量は70ミリグラム/キログラムとされている。りん酸は多くの食べ物に含まれるが、加工食品にはそれぞれの目的で食品添加物として添加されている。過剰摂取はカルシウムの体内摂取を妨げると指摘されている。

●酸性土壌

酸性土壌になると土の中の金属、アルミニウムなどが溶け出して植物の根を痛めたり、植物の必須栄養素のりんと化合して吸収を妨げたりする。アルミニウムは地殻中に広く、多量に存在するが、ほとんどは酸化アルミニウムの形で存在する。この酸化アルミニウムは水に溶けにくく安定しているが酸、あるいはアルカリには溶け出す。

●亜硝酸と食品添加物

亜硝酸は食品添加物として、発色剤、抗酸化剤として使用され、とくに肉製品への添加は色をきれいに新鮮なように見せる効果と、ボツリヌス菌の繁殖をおさえる効果があるともいわれている。しかし、亜硝酸は発がん物質といわれているニトロソアミンを作り出すこともあるため、できるだけ摂取を減らした方がよいといわれている。食品衛生法によって、食品添加物として添加が認められている食品は限定されている。

●過酸化水素

過酸化水素には殺菌、漂白の効果があり、以前は食品添加物として

広く多用されていたが、発がん性があり、1980年10月1日の使用基準の改正で、「最終食品の完成前に分解または除去しなければならない」とされ、現在では一部の食品加工以外では使用されていない。

●界面活性剤

洗剤の主成分。主剤ともいう。界面活性剤には陰イオン系、陽イオン系、非イオン系、両イオン系がある。洗濯用合成洗剤には、おもに陰イオン系、非イオン系の界面活性剤が単独、あるいは混合して使用される。洗剤の容器に界面活性剤、助剤などが「品質表示」されている。水道水の基準では、陰イオン界面活性剤として、0.2ミリグラム/リットル以下。

●ホルムアルデヒド

建材、家具、合板などの尿素系接着剤に含まれる他、形状安定加工のワイシャツ、肌着に多用される。非常に水に溶けやすい物質で、この37%水溶液がホルマリン。ホルムアルデヒド濃度が高いと、頭痛、めまい、吐き気、アレルギー症状などが起こり、さらに濃度が高くなれば死亡する。新築の家のシックハウス症候群が問題になっている。刺激的な臭いがしている間はよく換気をする必要がある。

●工場排水

水質汚濁防止法によって排水基準が定められ、排水を河川に放流するにあいには十分な処理設備を設置、運転管理が必要。自己管理だけでなく定期的に所轄の官庁の立ち入り検査、報告書の提出と厳しい管理のもとにおかれている。

●水質汚濁防止法

カドミウム及びその化合物、シアン化合物、有機燐化合物、鉛及びその化合物、砒素及びその化合物、その他有機塩素系溶剤、農薬などの有害物質の項目と水素イオン濃度、BOD、COD、ノルマルヘキサン抽出物質＝油分、銅、亜鉛などの生活環境項目が規定され、その基準値は工場別、規模別、地域別などに細かく分れている。

【参考文献】

- 「上水試験方法 2001年版」日本水道協会発行
- 「上水試験方法 解説 2001年版」日本水道協会発行
- 「工業用水試験方法 JIS K0101:1998」日本規格協会発行
- 「工場排水試験方法 JIS K0102:1998」日本規格協会発行
- 川の水調査セット 取扱説明書 共立理化学研究所
- 「陰イオン界面活性剤の簡易分析法の開発」釜谷美則 用水と廃水 Vol.41 No.3
- 「くらしの中の水—安全な水、おいしい水を守るために」(社)全国消費生活相談員協会
- 「くらしの衛生—特集号 '98食品衛生データブック」東京都食品環境指導センター
- 「'99北川式ガス検知器」光明理化学工業
- 「食品中の食品添加物分析法」厚生省環境衛生局食品化学課編 講談社
- 「汚れを流さないために—環境にやさしい生活を考える」商品テストシリーズ 東京都消費生活総合センター
- 「水質調査法」半谷高久・小倉紀雄 丸善
- 「水道水」小島貞男 宙出版
- 「雨を調べる」伊瀬洋昭 コープ出版
- 「調べる身近な水」小倉紀雄 講談社
- 「だれでもできるやさしい水のしらべかた」河辺昌子 合同出版

■ ■ ■ あ と が き に か え て

この本では、身の回りの環境に興味や関心を持つ年齢になった小学生高学年のみなさんから、かなり本格的に環境問題を学習し、その啓蒙や解決のためにご努力をされている市民の方々までを対象に、だれでも手軽にできる環境にかかわりのある実験を紹介しました。

それぞれの項目ともしらべていけばいくほど奥が深く、問題の全体を簡易測定だけで解明できるものではありませんが、必ずや、この簡易測定の体験を通じて、それぞれの方々が問題をほりさげていく視点や道筋を手に入れられると思います。

たしかに、ここで紹介した測定の商品のなかには、現象を見るだけで終わってしまうものもありますが、それでも自分自身で測定した直接的体験は、テレビや新聞で知識を得るのとは大違いのはずです。傍観者と体験者の差は決して小さいものではありません。この本が体験者になるきっかけになることを願ってやみません。

ここではたくさんの種類のパックテストを使用しています。

パックテストの誕生は、いまから約30年前、「水質汚濁防止法」が施行された時にまでさかのぼります。当時、法律はできたが、実際に排水を分析することは、検査する人にも、排水を出す側にもたいへん苦勞でした。分析所には数え切れないほどの採水ビンが並べられ、工場では排水分析に多大な時間と費用をかけていました。

この両方から、現場で概略値が測定できる器具の開発を依頼されました。これがパックテスト誕生のきっ

かけです。開発後、もっぱら工場排水の検査に使用されていましたが、その後、多摩川の市民水質調査で使用されたのを皮切りに、各地の市民団体、大学の研究所、公的な研究機関の簡易環境調査や、各種の実験用の器具として、ひろく利用されるようになり、今日では小学校の環境教育のしらべ学習用に各地の学校で利用されるようになっていきます。

その間、たくさんの方から新しい利用法ご提案、実際に使った上でのご質問などをいただきました。今回、できるかぎりそれらを取りあげました。しかし、この本を読むことで新たな疑問を生じることもあるでしょうし、また、時代とともに測りたい対象も変化するでしょう。いろいろなご質問、ご提案をいただけることを今から楽しみにしております。

さらに使いやすくなったパケットテストで、実験をお続け頂けましたら誠に幸いです。

最後になりましたが、この本がこのような形で出版できるまで、たくさんの方々のお世話になりました。とりわけ、(株)日水コンの小島貞男先生、東京農工大学の小倉紀雄先生、工学院大学の釜谷美則先生には、有益なご教示を多々いただきました。研究所のスタッフ、とくに中谷氏、石井氏には確認実験やデータの整理、校正などで多大の労力をおかけしました。また、合同出版の上野良治社長をはじめスタッフの方々にもご尽力をいただきました。あわせて厚く御礼申し上げます。

株式会社共立理化学研究所 社長 (現会長) **岡内 完治**

(2000年3月 初版に寄せて)

■著者紹介

岡内完治 (おかうち・かんじ)

株式会社共立理化学研究所代表取締役社長 (現会長)

1942年生まれ。旧姓・南完治。

1967年、工学院大学生産機械工学科卒業。

日本化成 (元日本水素工業株) 入社。アンモニア、尿素工場の建設、硝酸、硝安、硝酸濃縮工場の設計に従事。

1971年、共立理化学研究所に入社。現在に至る。

社業の傍ら、学会などでの簡易分析法に関する講演、国内の市民グループへの講演活動、海外のNGO、行政などへの簡易測定法の紹介・相談活動・普及活動を精力的に展開している。

【(株) 共立理化学研究所の紹介】

1952年、岡内重壽により創業。以来、水質の簡易分析製品の研究、開発、製造、販売をおこなっている。

本書で紹介したバックテスト®は、1973年、ある自治体の依頼により工場排水の簡易測定用として開発されたものであるが、近年、環境問題への関心の高まりとともに、身近な水環境をしらべる機器として各地の学校、市民グループで使用されている。

〒145-0071 東京都大田区田園調布5-37-11

Tel 03・3721・9207

Fax 03・3721・0666

<http://kyoritsu-lab.co.jp>

【新版】だれでもできるバックテストで環境しらべ

2000年3月25日 第1刷発行
2002年7月1日 新版第1刷発行
2010年4月30日 新版第8刷発行
2015年 絶版

DTP デザイン●栗山淳編集室
カバーデザイン●六月舎 + 守谷義明

著者●岡内完治

発行所●合同出版株式会社

©OKAUCHI KANJI, 2002