

EPDMの劣化と次亜塩素酸ナトリウム水溶液の温度・pHとの関係

The relationship between deterioration of EPDM and the temperature・pH of NaClO aq

千葉県立船橋高等学校理数科 3 年

小林 純也 苅米 洗亮

はじめに

近年、残留塩素（水道水消毒のために利用される次亜塩素酸ナトリウムなどの塩素剤が、効力を残して水道水中に存在しているもの。水道法により一定量の残留塩素が確保されなければならない）が水道配管部品や水関連機器として使われるエチレンプロピレンジエンゴム（EPDM）を劣化させ水中に EPDM が溶け出すなどの被害が出ている。

目的

この劣化の対策を考えるために、EPDM の劣化がどのように進行しているか調べる。予備実験で次亜塩素酸ナトリウムの濃度が高いほど劣化が激しいことがわかっている。pH を変えると次亜塩素酸ナトリウム水溶液中の次亜塩素酸イオン(ClO^-)と次亜塩素酸(HClO)の比が変化するため酸化力の違いを利用して劣化を防げるのではないかと思い、今回は温度と pH を変えて研究した。

方法

5%の次亜塩素酸ナトリウム水溶液を 10 倍希釈し、そこに少量の塩酸を加え pH を 7～11 に調節する。（pH6 以下では塩素ガスが発生し危険なため今回は行っていない。） $2 \times 2 \times 0.5$ (cm)の EPDM を 10mL の次亜塩素酸ナトリウム水溶液を入れた容器に全体が浸るように入れて 1 週間インキュベータで温度を一定にして保存する。今回は温度を 25℃と 45℃に分けて実験した。1 週間後 EPDM を取り出し、綿棒で表面をこすり取る。この際、型のようなものを使いこする面積を一定にする。こする前と後で綿棒の質量を量り、析出した粉の量を求める。

今回の実験では粉が析出すれば劣化したとみなす。また、今回の実験では短い期間での実験であるため次亜塩素酸ナトリウム溶液の濃度は水道水よりはるかに高い。

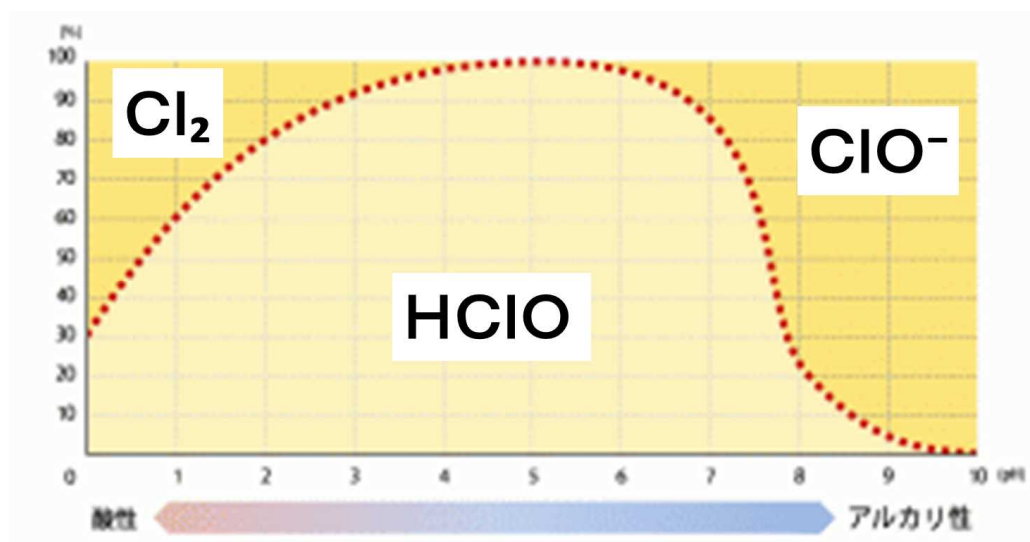


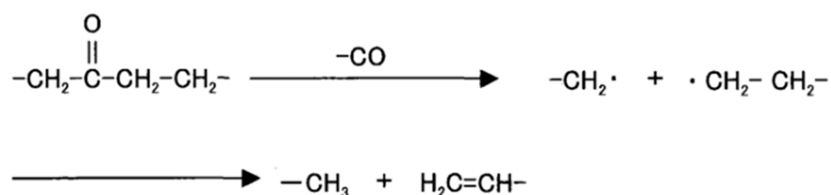
左図はこする際に面積一定にするため使用した型、右図はこすったあと付着した粉

$$\begin{array}{c} \text{---(CH}_2\text{---CH}_2\text{)---(CH}_2\text{---CH)---(X)---} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array} \quad \text{X の例) } \text{---CH}_2\text{---CH=CH---CH}_2\text{---}$$

使用例) 水道配管の部品、水周りのパッキン、自動車の部品、など

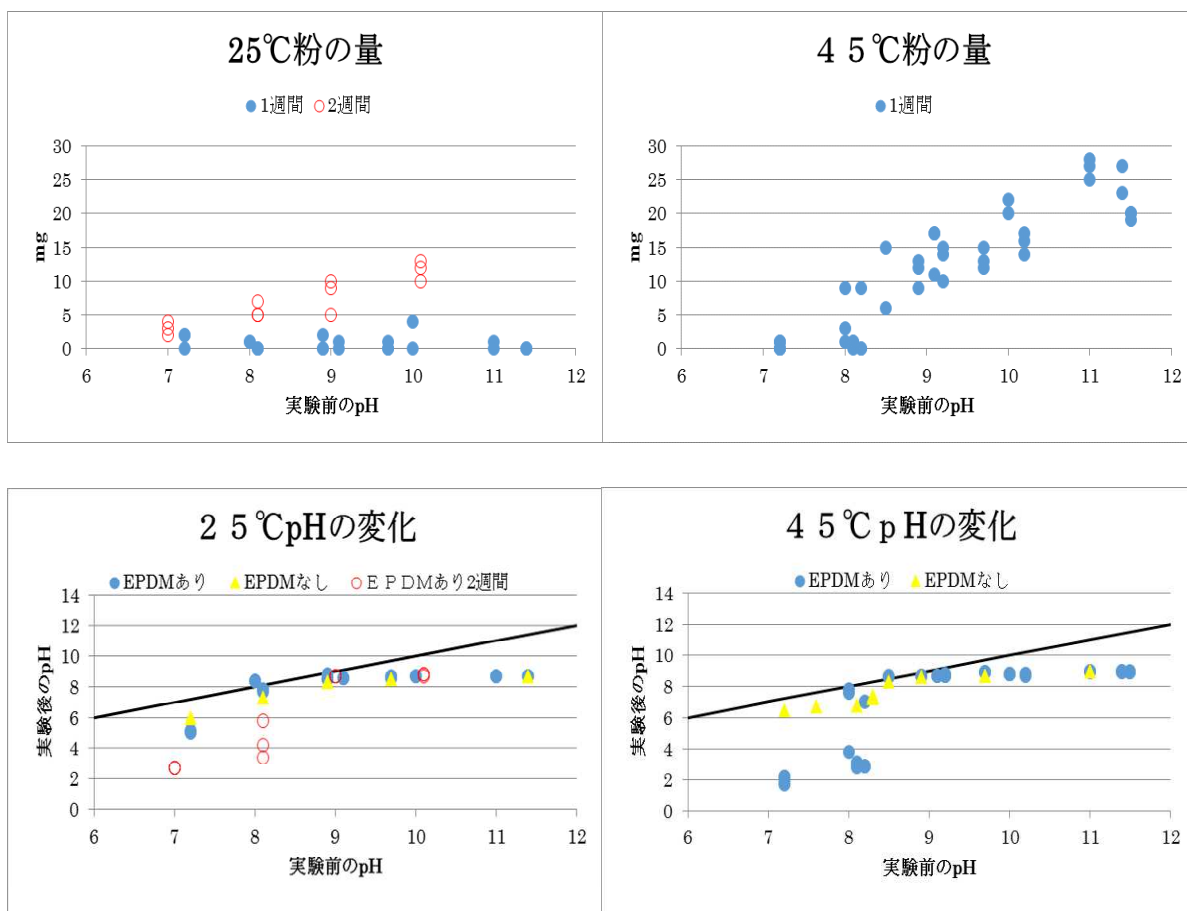
- ・水溶液はアルカリ性を示す。 $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO} + \text{OH}^-$
- ・高温や紫外線等で分解が促進される。 $2\text{HClO} \rightarrow 2\text{HCl} + \text{O}_2 \uparrow$
- ・酸化作用、漂白作用、殺菌作用があるため水道水等の消毒剤として使用されている。
 $\text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{HClO}$
 $\text{HClO} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}^-$


$$\begin{array}{lcl}
 \text{EPDM-CH}_2\cdot & \longrightarrow & \text{EPDM-}\dot{\text{C}}\text{H-} + \text{H}\cdot \\
 \text{EPDM-}\dot{\text{C}}\text{H-} + \text{O}_2 & \longrightarrow & \text{EPDM-CH-} \\
 & & | \\
 & & \text{OO}\cdot \\
 \text{EPDM-CH-} + \text{EPDM-CH}_2\cdot & & \\
 | & & \\
 \text{OO}\cdot & & \\
 \longrightarrow & \longrightarrow & \text{EPDM-CH-} + \text{EPDM-CH-} \\
 & & | \qquad \qquad | \\
 & & \text{OOH} \qquad \text{OOH} \\
 \text{EPDM-CH-} & \longrightarrow & \text{EPDM-CH-} + \cdot\text{OH} \\
 | & & | \\
 \text{OOH} & & \text{O}\cdot \\
 & \longrightarrow & \text{EPDM-C-} + \text{H}_2\text{O} \\
 & & || \\
 & & \text{O}
 \end{array}$$



結果

- ・ 25℃ではほとんど劣化は見られなかったが、45℃でははっきり劣化が確認でき、析出した粉の量も45℃の方が多かった。
- ・ 25℃、45℃ともに pH が高いほど劣化した。
- ・ 25℃で期間を延ばして 2 週間浸けたところ析出した粉の量、実験後の pH とともに 45℃のときと同じ傾向が見られた。
- ・ EPDM なし 45℃の実験で、pH8 以上の水溶液は全て実験後 pH9 前後になった。さらに pH8 以下では pH は少し下がった。EPDM ありで実験すると、pH8 以上の実験後の pH は EPDM なしのときとほぼ同じ結果になった。pH8 以下のときは、実験後の pH は 3 前後になった。
- ・ EPDM あり 45℃のとき気泡が発生し、pH が低いほど気体の量が多かった。
- ・ 水酸化ナトリウム水溶液に 1 週間浸けても変化はみられなかった。



上図の線は直線 $y=x$ であり、その線に点が近いほど実験前後で変化が少ないことを示している

考察

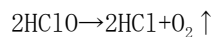
25℃より 45℃の方が析出した粉の量が多く、25℃で二週間行った実験では 45℃の時と同じ傾向が見られたことから温度が高いほど反応が促進され、劣化が激しくなると考えられる。

25℃の実験で、1 週間より 2 週間の方が析出した粉の量が多いため、次亜塩素酸ナトリウムにさらされる時間が長いほど劣化が進行すると考えられる。

水酸化ナトリウムだけで実験しても変化がないことから OH⁻によって劣化は起こらないと考えられる。

<pH が 8 以下の（水溶液中の HClO の割合が多い）とき>

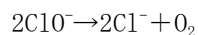
次のような反応が起きたと考えられる。



気体が発生し、劣化がほとんど起きなかったこと、pH が下がったこと、EPDM には塩素を引き付ける性質があり、EPDM の周囲の HClO の濃度が高くなることからこの反応が起きたと考えた。

<pH が 8 以上の（水溶液中の ClO⁻の割合が多い）とき>

次のような反応が起きたと考えられる。



この反応で発生する酸素は EPDM の劣化に使われたと考えられる。

結論

- ・温度は低いほど劣化を遅らせられる。
- ・次亜塩素酸ナトリウムにさらされる時間が短いほど劣化が起こりにくい。
- ・pH は中性に近いほど劣化が起こりにくい。
- ・よって、現段階では水道水を前提とすると、温度の低い環境で EPDM を使用することが劣化対策として最も効果的である。

今後の課題

- ・温度を25℃と45℃の2通りしか実験できなかった為、温度をもっと変えて実験数を増やす。
- ・起きた反応を調べるのは今回の実験だけでは不十分だったので、考察の反応よりも複雑な反応が起きている可能性がある。
- ・実験により発生する気体を調べ、自然分解が実際に起きているか調べる。
- ・当初は表面の硬度を測定し、実験しようと考えたが正確に測ることができていなかったため、測定方法を工夫して硬度の変化からも劣化を示す。

参考文献

www.a-creo.co.jp/solution/sterilization/germicidal/

[http ; //hdl.handle.net/10069/24483](http://hdl.handle.net/10069/24483)