

8) 日本給水用防錆剤協会から提供された資料

・リン酸塩系防錆剤の防錆効果について

以下にリン酸塩系防錆剤の防錆効果の結果をいくつかを示す。

表 3-14：新宿区 S ビル 平成 5 年設置

	H5.8.4	H5.9.17	H5.11.5	H6.7.29	H7.8.21	H8.8.22	H9.8.8	H10.8.5	H11.2.17	H11.2.25	H11.8.19
pH	7.6	7.6	7.4	7.2	7.2	7.3	7.2	7.2	7.1	6.9	7.2
Fe	1.42	0.25	0.26	0.43	0.20	0.20	0.17	0.20	0.30	0.30	0.10
濁度	3	1未満	1未満	2	1以下	1	1以下	1以下	2	1	1以下
色度	40	3	2	5	4	4	4	5	5	3	3
P ₂ O ₅		9.0	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	3.0	3.5	4.0

表 3-15：台東区 F ビル 平成 5 年設置

	H5.9.2	H5.9.16	H5.10.5	H6.9.12	H7.9.8	H8.9.17	H9.9.26	H10.9.4	H11.9.30
pH	7.4	7.4	7.4	7.2	7.4	7.0	7.1	7.0	7.0
Fe	0.45	0.53	0.45	0.1未満	0.09	0.11	0.30	0.06	0.06
濁度	1	1未満	1未満	1未満	1未満	1	1以下	1以下	1以下
色度	9	6	6	1.5	1	2	4	2	1
P ₂ O ₅		4.0	3.2	2.5	3.0	3.5	3.0	3.5	3.5

表 3-16：杉並区 T ビル 平成 7 年設置

	H7.7.10	H7.7.28	H8.8.25	H9.7.4	H10.8.11	H11.7.9
pH	7.1	7.3	7.1	7.2	7.1	7.3
Fe	0.30	0.04	0.01	0.01	0.09	0.02
濁度	3	1以下	1以下	1以下	1	1以下
色度	14	2.5	1	2	3	2
P ₂ O ₅		5.0	5.0	5.0	5.0	4.0

表 3-17：港区 S ビル 平成 7 年設置

	H7.7.14	H7.9.6	H8.7.5	H8.8.5	H9.7.16	H10.7.13	H11.7.6
pH	7.5	7.1	7.2	7.6	7.3	7.3	7.4
Fe	0.50	0.20	1.80	0.30	0.24	0.10	0.1未満
濁度	3	1	2	1	1.5	1未満	1未満
色度	20	4	12	2	4	2.8	2.1
P ₂ O ₅		5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	5.0

表 3-18：台東区 K ビル 平成 7 年設置

	H7.7.19	H7.8.1	H8.12.14	H8.7.16	H9.7.16	H10.7.31	H11.7.21
pH	7.4	7.4	7.0	7.0	7.1	7.2	7.1
Fe	3.64	0.61	0.29	0.27	0.29	0.23	0.18
濁度	25	4.0	1未満	1.0	2.0	1未満	1未満
色度	62	9.0	3.0	4.0	4.0	2.8	2.4
P ₂ O ₅		5.0	1.5	3.0	5.0	3.0	5.0

表 3-19：品川区 N ビル 平成 8 年設置

	H8.4.19	H8.5.2	H8.5.7	H8.5.10	H8.5.24	H9.4.25	H10.4.21	H11.4.27
pH	6.8	7.1	7.1	7.1	7.1	7.0	7.1	6.7
Fe	1.89	0.30	2.72	1.34	0.28	0.30	0.28	0.12
濁度	8.0	2.0	9.0	4.0	1.0	2	1未満	1未満
色度	12	5.0	23.0	12.0	3.0	5.0	3.6	1.3
P ₂ O ₅		4.0	3.5	5.0	5.0	2.0	3.0	3.0

表 3-20：品川区 I ビル 平成 8 年設置

	H8.4.23	H8.5.8	H8.5.17	H9.4.24	H10.4.21	H11.4.27	H11.6.28
pH	6.9	7.0	7.0	7.3	7.1	6.8	7.1
Fe	4.28	0.20	0.20	0.12	0.26	0.69	0.1未満
濁度	35.0	1.0	1未満	1.0	1.2	2.4	1未満
色度	57	2.0	3.0	2.0	2.9	6.2	1未満
P ₂ O ₅		5.0	4.5	1.5	2.5	4.0	4.0

表 3-21：港区 Y ビル 平成 8 年設置

	H8.12.9	H9.1.8	H9.12.18	H10.12.15
pH	7.1	7.3	7.1	7.2
Fe	0.30	0.04	0.01	0.01
濁度	3.0	1以下	1以下	1以下
色度	14	2.5	1.0	2.0
P ₂ O ₅		5.0	5.0	5.0

表 3-22：杉並区 K ビル 平成 10 年設置

	H10.7.30	H10.4.3	H10.4.21	H10.5.12	H11.3.12
pH	6.8	7.3	6.9	7.3	7.1
Fe	0.57	0.30	0.17	0.24	0.1未満
濁度	2.2	2	1未満	1未満	1未満
色度	6.8	4.8	2.6	1.5	1未満
P ₂ O ₅		3.0	3.0	4.5	2.5

表 3-23：横浜市 K0 ビル 平成 2 設置

	H2.11.10	H2.12.10	H3.2.15	H3.3.26	H3.7.19	H3.11.29	H4.11.26	H5.11.6	H6.2.24	H7.2.7	H8.2.1
pH	7.0	6.7	6.9	6.7	7.1	7.4	6.9	7.4	7.1	7.2	7.6
Fe	0.98	0.12	0.93	0.17	0.11	0.15	0.49	0.03	0.01	0.1	0.1
濁度	2.0	0.1	0.7	0.2	0.2	1	1	0.1	0.1	1	1
色度	80	1.0	18.0	1.0	2	1.0	8.6	2	3	1	1
P ₂ O ₅		3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0

H9.2.4	H10.2.6	H11.2.3
7.1	6.8	6.8
0.10	0.12	0.1
1	1	1
2	1	1
4.0	2.5	3.0

・給水用防錆剤の注入濃度について

注入濃度については、多くの場合、定常時注入濃度(5[mg/L])でも十分に効果が見られているので、初期注入濃度(15[mg/L])を廃止しても良いのではないかという意見がある。

・給水用防錆剤の注入方法について

注入方法については、揚水ポンプの作動とともに防錆剤を注入するインターロック方式は、給水量に関係なく注入を行うので、より安定した濃度管理のためには廃止したほうが良いのではないかという意見がある。

・ケイ酸塩系防錆剤について

ヨーロッパなどではケイ酸塩系防錆剤はほとんど使用されておらず、給水用防錆剤そのものの安全性から考えても、リン酸塩系防錆剤に比べ安全係数が低いケイ酸塩系防錆剤を廃止しても良いのではないかという意見がある。

9) Robert M. Powell, A FINAL REPORT FOR EVALUATION OF CORROSION INHIBITORS, 1994

・アメリカ・フロリダ州西海岸にあるパインラス郡水道(PCWS)が、1993年6月21日から1994年2月28日の間「腐食インヒビターの評価」について、種々のインヒビターを評価するため様々な実験を行った。

以下は、この研究から達せられたいくつかの結論である。

- 試験されたすべてのインヒビターの溶存固体の主要な成分は、リン、ナトリウム、およびカリウムである。少ない成分としてはカルシウムとマグネシウムを含んでいる。
- 試験されたすべてのインヒビターのオルトリンの全リンに対する初期の比率は、たとえば全リン含有量がかかなり類似していても大きく変化した。そのため、オルトリン酸塩の

全リン酸塩に対する比率は、11%から 47%まで変化した。

- c. すべてのインヒビターのオルトリン酸塩と全リン酸塩の比率は、5℃から 40℃の温度上昇と恒温放置時間により増大する。また、それらと同様なインヒビターの希釈した溶液は、希釈していない溶液より高い割合でポリリン酸塩からオルトリン酸塩に転化する傾向を、配水システムを通じて測定した。
- d. 配水システムにおけるインヒビターの転化を概算するため、種々のインヒビターの 1.0mg/L 溶液が、5℃、20℃、および 40℃で、2 週間恒温放置された。オルトリン酸塩は時間とともに直線的に増大した。5) パインラス郡水道へのインヒビターの注入によって、腐食試験ループに取り付けられた銅と鉛クーポンの腐食割合を減少させた。
- e. 測定された腐食割合は、インヒビターの供給割合とオルトリン酸塩含有量に依存した。オルトリン酸塩含有量が低い時には、より高いインヒビター供給割合が必要であり、オルトリン酸塩含有量が高い時には、同様の銅と鉛の腐食割合を生じるために、より低いインヒビター供給割合が必要であった。そのため、初期に低いオルトリン酸塩と全リン酸塩を持つインヒビターは、より高い供給割合を必要とする。
- f. 高い転化の割合によりオルトリン酸塩含有量が高い場合は、腐食割合を抑制するインヒビターの能力の低下を引き起こす。転化による性能低下の可能性は、試験研究の結果から証明されている。
- g. 種々の実験で測定された腐食割合には、大きい変動性がある。これは、水質パラメータの変化、運用上の問題、および実験誤差により説明できる。しかし、インヒビターの注入は、銅および鉛クーポンの腐食割合を、コントロールクーポンで測定された腐食割合より 40%以上減少させた。
- h. 0.59mg/L から 0.88mg/L の PO_4 と等しいリン酸適用量（重量で 85%）の注入が、販売業者から提供されたインヒビターと同様か、またはそれ以上の銅と鉛クーポンの腐食割合を示す。リン酸による処理は、もし他の水質パラメータへの有害な影響がなく、効果的であると証明されるならば、他のインヒビターよりずっと安価である。

10) e-Journal AWWA

・1994 年と 2001 年に、アメリカの水道事業者たちに対して、彼らのリン酸塩系インヒビターの使用に関して調査がされた。調査対象はポリリン酸塩、オルトリン酸塩、オルトリン酸亜鉛、およびリン酸塩の混合物を含めたリン酸塩系インヒビターといった使用の普及しているものであった。

調査の結果を以下に示す。

- a. 回答者たちの多くが、ある種の環境下でポリリン酸塩の混合剤が金属腐食に対して有害であると証明されたことからポリリン酸塩/オルトリン酸塩の混合剤からオルトリン酸塩に変更した。
- b. 多くの水道事業者たちが、リン酸塩系インヒビターを使用していたが、それぞれの環境におけるインヒビターの適応性をはかる科学的な試験はほとんど行われていなかった。
- c. リン酸塩系インヒビターを選定する場合、ほとんどの公共事業体では、販売業者の情報や他の施設における化学的な成功を示す報告書に依存しており、それは大きな公

共事業体でさえ同様に、その管理者の多くは彼らの使用しているリン酸塩系化学薬品の正確な性質を知らなかった。

- d. 多くの公共事業体がそれぞれの水環境における化学薬品の有効性を試験しないでインヒビターの添加にかかる相当な費用を負担していることを指摘する。

以上より、水道事業者たちは、リン酸塩系インヒビターの使用に対して注視し、リン酸塩使用の理由と、そして信頼性のある情報およびそれぞれの水の条件におけるリン酸塩選定の基準について考察する必要があるという結論が得られた。

11) Richard E. DeBlois, THE USE OF PHOSPHATE IN WATER TREATMENT FOR SEQUESTERING AND CORROSION CONTROL, 2002

・リン酸塩類の基本的な役割と、それらの水処理における適用方法について概観されている。

次にオルトリン酸塩、オルトリン酸塩/ポリリン酸塩混合剤、オルトリン酸亜鉛、ポリリン酸塩、ポリリン酸亜鉛、ケイ酸塩/リン酸塩混合剤についてそれぞれ、特徴のあらましを説明する。

a. オルトリン酸塩

オルトリン酸塩は、腐食インヒビターとして広く認められている。オルトリン酸塩と二価の金属イオンが、配管の内部表面上に薄い皮膜を形成する。これらのオルトリン酸塩による金属塩類は、非常に不溶解性の物質である。(すなわち、鉛とカルシウム)。オルトリン酸塩は金属イオンの封鎖をしない。そして、分解された無機性の炭素(DIC)とアルカリ度が、その性能に影響を及ぼす。

オルトリン酸塩は、いくつかの異なるリン酸塩の原材料を通して得ることができる。モノリン酸ナトリウム(MSP)は、腐食抑制のためのオルトリン酸塩を生じるために使用できる。これは乾質性で、かつ中性で、安全な製品であるが、混和と取り扱いが必要となる。液体状のオルトリン酸塩も利用することができる。これらの液状製品は、MSP、ジリン酸ナトリウム(DSP)、ジリン酸カリウム(DKP)を含む。最も一般的なオルトリン酸塩の源は、リン酸(H_3PO_4)である。リン酸は、36%または75%の溶液濃度の酸として利用することができる。最も一般的なものは36%のものである。ナトリウムやカリウムを含むリン酸塩類と違って、リン酸は有害物質で、輸送と適用の両方に特別な取り扱いが必要となる。

b. オルトリン酸亜鉛

オルトリン酸亜鉛は、1970年には飲用水処理を認められていた。これらの腐食インヒビターは、一般的に亜鉛塩から組立てられている、例えば、塩化亜鉛または硫酸亜鉛、そしてリン酸と混ぜられたものである。これらの製品の溶液は、 $pH < 1.0$ であるので、適切な身体を保護する機器(PPE)と特別な輸送と取り扱いが必要となる。

塩化物に基づく製品と、硫酸塩に基づく製品の、これら2つのタイプのオルトリン酸亜鉛には、それぞれ長所と短所がある。

塩化亜鉛から製造されたオルトリン酸亜鉛は、非常に高い溶解性を示すが、塩化物がステンレス鋼を腐食させる。塩化物イオンに耐える移送機器(輸送)と貯蔵タンク、給送機器を必ず手配することが重要である。加えて、リン酸に塩化亜鉛を混ぜる間ずっと塩

酸(HCl)を生じる可能性がある。塩化化合物に基づく製品は、大気腐食の原因となりうるという提言もされている。

硫酸塩に基づくオルトリン酸亜鉛は、溶解性が低く、特にカルシウムを多く含む水で製造された場合に、沈殿物の問題を経験するはずである。塩化物イオンと違って、硫化物イオンは、ステンレス鋼を腐食させず、特別な移送機器(輸送)と貯蔵タンク、給送機器を必要としない。

オルトリン酸亜鉛は、腐食性の高い水(低・中度の硬度とアルカリ度の水)において高い有効性を示すことが証明されている。これらの水は一般に軟水で、弱酸性を示す。オルトリン酸亜鉛にとって最適な pH 域は、pH 7.3~7.8 の間である。pH が 8.0 以上となると、リン酸亜鉛の沈殿物を生じる可能性がある。オルトリン酸亜鉛技術の唯一の弱みは、亜鉛が污水处理施設の負荷の原因となってしまうことである。

c. ポリリン酸亜鉛

これらの製品は、腐食抑制はもちろん、ある程度の金属イオンの封鎖と／またはカルシウムの安定化を必要とする、腐食性のあまり高くない水に適用される。ほとんどの製品は、オルトリン酸塩とポリリン酸塩の組み合わせによりできる。腐食保護は、ポリリン酸塩からオルトリン酸塩への再水和(転化)の結果、線状のポリリン酸亜鉛により得られる。それらは、銅制御に有効であり、カルシウムの安定化を目標とする硬水において多くの成功をしている。アメリカ水道協会(AWWA)による最近の研究で、ポリリン酸塩は銅制御の役割を果たすが、鉛製の配管にとっては有害であるとの提言がされた。この研究は、オルトリン酸塩は鉛制御には有効であるが、銅制御にはあまり有効ではないということも明らかにした。ポリリン酸塩に比べてオルトリン酸塩の割合が増すほど、鉛制御の傾向を示す。

オルトリン酸亜鉛と同様に、これらの製品は、亜鉛が污水处理施設の負荷の原因となる。

d. オルトリン酸塩／ポリリン酸塩混合剤

腐食性の水と、スケールの発生する水の両方を克服するため、オルトリン酸塩／ポリリン酸塩混合剤は、金属イオンの封鎖と腐食制御を行う。これらは様々な割合で混ぜられたオルトリン酸塩とポリリン酸塩から構成されている。オルトリン酸塩を多く含む混合剤は、より多くの腐食保護が得られ、その上、ポリリン酸塩濃度が高いほど硬度(カルシウム)と鉄、そして／またはマンガンの封鎖が高まり、結果として色の付いた水を抑える。オルトリン酸塩／ポリリン酸塩混合剤は、硬度の高い水において銅の腐食抑制に非常に効果的である。

オルトリン酸塩／ポリリン酸塩混合剤は、様々な水の化学的性質において非常に効果的であり、広い pH 域で使用することができる。硬度が高く、腐食性を示す水における有効性には限界がある。これらの製品は、ポリリン酸塩の注入量が多すぎると、水栓に鉛の残留物が堆積してしまうので注意が必要である。

e. 直鎖状ポリリン酸塩

この種類のポリリン酸塩インヒビターは、ナトリウムとポリリン酸カリウムから成る。(すなわち、トリポリリン酸塩、ヘキサメタリン酸塩、ポリリン酸塩)。

この技術は、非常に硬度が高く、そして／または、金属イオンの封鎖が必要となる鉄

や、マンガンを多量に含む水に適用される。これらの直鎖状ポリリン酸塩は、効果的な金属イオン封鎖剤であり、実際に管壁の堆積物の抑制／除去に使用されることがある。これらの製品は水流（C-Factor）や水質を改善するため、管状堆積物を効果的に減少させるのに使用されている。

適切な管理と注入のもとで、これらの製品は非常に効果的に正常な腐食抑制と硬度の封鎖、管壁の増強を維持することができる。どのポリリン酸塩についても、過注入は鉛の溶解を促進し、水栓における鉛の凝縮を高める。そのため、これらの製品の使用には十分なモニタリングと、継続した最適化が必要となる。

f. ケイ酸塩／リン酸塩混合剤

これらの製品は、良好な金属イオンの封鎖と、適度な腐食抑制をもたらし、そして様々の水質に作用する。リン酸塩は、配管表面を保護する沈殿物を形成するため金属と結合し、その上、ケイ酸塩が保護の隙間を埋め、配管表面の強い酸性を示すアノード部を覆うことにより保護を強化する。

良好な腐食保護は、ケイ酸塩／リン酸塩が混ぜられた製品の使用により得られる。これらの製品は、一般的にほかの技術と同等の処理結果を得るためには、他よりも多くの注入量が必要となる。また一般的に、ケイ酸塩に基づく製品は費用のかかる技術の1つである。

- 要望する結果を得るには、技術の選択は適切な注入量を算出するのと同じくらい重大である。
- 濃縮したリン酸塩の腐食抑制に関して、ある議論がされているが、それでも広範囲の水の化学的性質を伴う多くの都市システムにおいて、よく機能することが証明されている。
- 製品の選定には概略のルールがあるが、一方の場所で効果があっても、他の場所ではたとえ似たような水質であっても効果がないかもしれない。
- リン酸は、要望される製品であるかもしれないが、酸による危険性があるため、混合されたリン酸塩が選定されるだろう。
- 最良の腐食技術は、意図する処理目標と、処理された水の特徴の徹底的な理解、そして製品の利用可能な特性により選定される。

12) 伊藤隆太, 重合ケイ酸ナトリウムの安全性-ラットによる経口亜急性毒性-, 東邦医学会雑誌 Vol.22, No2, 1975

給水給湯配管材料の内面腐食抑制剤に主体として使われる重合ケイ酸ナトリウム (NaPS) ($\text{Na}_2 \cdot n\text{SiO}_2$) を 200, 600, 1800ppm の各濃度を水道水中に溶解し、常時飲水可能な給水ビンにより、両性の WISTAR ラットに 3 カ月間自由摂取させた。

3 カ月の飼育期間中は一般症状、体重、尿の有意的変化および死はなかった。600ppm 雌雄に白血球の若干減少、200 と 600ppm 雌で s-GPT の増加、1800ppm のアルカリフォスファターゼ値上昇がみられたほかは、組織学的変化はほとんどなく、いずれの濃度においても用量と相関性ある特異的变化はなかった。

以上の結果のうち 1800ppm 雄で若干のアルカリフォスファターゼ値上昇を考慮すべき変化とすれば、NaPS の安全量の上限は 1800ppm と 600ppm の間であると考えられ、有効防錆濃度を 10ppm としても、安全域は 60-180 倍と考えられる。

3.3 米国における給水防錆剤としてのリン酸塩の使用状況^{1) 2)}

給水防錆剤として使用されるリン酸塩は大別すると、オルトリン酸塩(Orthophosphate)とポリリン酸塩(Polyphosphate)がある。米国では、このほかオルトリン酸亜鉛およびポリリン酸亜鉛の使用が認められている。米国では腐食防止効果を期待する場合、前者が多く使われるが、日本ではポリリン酸塩が主に用いられている。

ポリリン酸塩は硬度成分を多く含む硬水のスケール防止剤として広く使われてきた。多くのポリリン酸塩は化学量論濃度(stoichiometry)より遙かに低い濃度でも所定の効果が得られることが、古くから知られており、このような効果のことを限界濃度効果("threshold effect")と呼ばれている。例えば、200ppmの硬度(as CaCO₃)を有する水の場合、理論的にはヘキサメタリン酸ナトリウム(Sodium hexapolyphosphate:SHMP)を500ppm必要とするが、実際には2-4ppmのSHMPでスケール抑制効果が得られる。このようなthreshold effectは結晶成長の初期に何らかの効果を発揮するものと考えられている。

一方、ポリリン酸塩が金属イオンとキレート効果によって結合して水溶性の化合物を形成する効果がある。このような効果は金属封鎖効果(Sequestering effect)と呼ばれ、赤水に対してはさび色を消失させる効果があるとされている。

また、オルトリン酸塩は金属イオンと反応して不溶性の沈殿を形成することにより、赤水防止効果を有するとされている。実際の赤水防止には水質条件によってオルトリン酸塩とポリリン酸塩を混合したものが使用されている。

このほか1991年に銅・鉛規制法(Lead and Copper Rule)が制定され、水中の鉛・銅イオン濃度が水質基準を上回る事態に達した場合は、何らかのアクションを取らなければならないが、オルトリン酸塩を注入することにより、リン酸塩が鉛や銅と反応して不溶性の皮膜を形成することにより、鉛管や銅管からの溶出を防止することができる。さらに、最近では水系感染症を防止する目的で、消毒剤としての塩素の濃度を高める傾向にある。その結果、配管材料の腐食を高める可能性が指摘されており、このような場合にもリン酸塩の注入が腐食を抑制することが期待できるとされている。

このように、米国においては給水防錆剤としてリン酸塩が広く使用されている。健康への問題を考慮すれば、給水配管系に注入する防錆剤の薬品は極めて限定されたものになる。その最も代表的な薬剤はリン酸塩であり、オルトリン酸塩およびポリリン酸塩はこのように目的に最も広く使われている。

3.4 リン酸塩の安全性と濃度規制²⁾³⁾

3.4.1 リン酸塩の最大使用レベル

リン酸塩は米国の浄水場で赤水防止を目的として広く使用されている。赤水防止に使用されるリン酸塩はオルトリン酸塩、ポリリン酸塩、およびポリリン酸塩とオルトリン酸塩の混合物で、注入濃度は1ppm程度と一般に微量にすぎない。微量のリン酸塩の注入は人の健康への問題はないが、人の健康と安全性への影響を考慮して適用濃度が規制されている。

飲料水処理用に用いるリン酸塩は、リン酸、オルトリン酸塩および縮合リン酸塩の大きく三つのカテゴリーに分類できる。NSF(National Sanitary Foundation International)による最大使用水準は下表の通りである。なおこれらの物質はFDA(Food and Drug Administration)によって使用が認められているものである。

Phosphosphate	NSF Maximum Use Level
<u>Phosphoric Acids:</u>	
36% Phosphoric Acid	27.0 mg/L
75% Phosphoric Acid	13.0 mg/L
80% Phosphoric Acid	12.0 mg/L
85% Phosphoric Acid	12.0 mg/L
<u>Orthophosphates:</u>	
Monosodium Phosphate (MSP)	13.0 mg/L
Disodium Phosphate (DSP)	15.0 mg/L
Trisodium Phosphate (TSP)	17.0 mg/L
Monopotassium Phosphate (MKP)	14.0 mg/L
Dipotassium Phosphate (DKP)	36.0 mg/L
Tricalcium Phosphate (TCP)	12.0 mg/L
<u>Condensed Phosphates:</u>	
Sodium Acid Pyrophosphate (SAPP)	12.0 mg/L
Sodium Trimetaphosphate (STMP)	11.0 mg/L
Tetrasodium Pyrophosphate (TSPP)	14.0 mg/L
Sodium Tripolyphosphate (STP)	13.0 mg/L
Tetrapotassium Pyrophosphate (TKPP)	17.0 mg/L
Tetrapotassium Pyrophosphate, 60% Solution	29.0 mg/L
Sodium Hexametaphosphate (SHMP)	12.0 mg/L

3.4.2 NSF/ANSI Standard 60-2003e³⁾

NSF/ANSI Standard for Drinking Water Additives-Drinking water treatment chemicals- Health effects

(飲料水添加物の NSF/ANSI 基準 - 飲料水処理薬剤 -健康影響)

この基準は飲料水に直接、添加されるか、処理した水に存在することを意図した水処理薬品に対して健康影響の要件を含む。

この基準には水処理に使用する種々の化学薬品について規定されているが、腐食・スケール制御、軟水化処理、沈殿、金属封鎖および pH 調整用の薬品に関しては NSF/ANSI 60-2003e Table 5.1 にリストアップされている。給水防錆剤関連の薬品を抜粋して下表に示す。

type use)	Synonyms	Formula	Molecular weight	Preparation method	Typical use level (mg/L)	Chemistry-specific analyses
um phosphate	potassium phosphate, dibasic	K_2HPO_4	174.2	method B annex section B3.3	18.4 ⁵	metals, radionuclides, fluoride
phate	sodium phosphate, dibasic	Na_2HPO_4	142.0	method B annex section B3.3	14.9 ⁵	metals, radionuclides, fluoride
um phosphate	sodium phosphate, monobasic	NaH_2PO_4	120	method B annex section B3.3	12.6 ⁵	metals, radionuclides, fluoride
ssium phosphate	potassium phosphate, monobasic	KH_2PO_4	136.1	method B annex section B3.3	14.3 ⁵	metals, radionuclides, fluoride
c acid	orthophosphoric acid	H_3PO_4	97.9	method D annex section B3.3	13.8 ⁵	metals, radionuclides, fluoride
osphat	KTPP	$K_5P_3O_{10}$	448.4	method A, annex section B 3.2	15.7 ⁵	metals, radionuclides, fluoride
acid phosphate	SAPP	$Na_2H_2P_2O_7$	222.0	method A, annex section B3.2	11.7 ⁵	metals, radionuclides, fluoride
phate,	SHMP, sodium hexametaphosphate	$(NaPO_3)_n \cdot Na_2O$ typically n=14	Variable	method A, annex section B3.2	10.7-11.9 ⁵	metals, radionuclides, fluoride
licate	activated silica	$Na_2O(SiO_2)_n$ n typically n=3	@n=1	method A, annex section B3.2	16.0	metals
osphat	metaphosphoric acid, trisodium salt	$Na_3P_3O_9$	306	method A, annex section B3.2	10.7 ⁵	Metals, radionuclides, Fluoride
osphat	STPP pentasodium tripolyphosphate	$Na_5P_3O_{10}$	368	method A, annex section B3.2	12.9 ⁵	metals, radionuclides, fluoride

⁵ : Equivalent to 10 mg PO_4/L on a dry base.

⁷: Calculated from the USEPA RfD for Zinc, this use level is based on 2 mg/L as zinc

3.4.3 給水防錆剤の登録認定制度

1988年、USEPAは直接および間接的に飲料水に添加されるすべての添加物に対して、第三者認証を与える機関としてNSF- The National Sanitation Foundationを指定した。

水処理するために直接、添加される製品をとおして、また処理、保管、移送および給水システムと接触することによって、間接的に添加される製品の健康影響に対して最少の要件を確立するためにNSF/ANSI Standard 60が制定された。

認定審査は、何段階かのステップを経て実施される。NSFの毒性に関する専門家によって毒性のデータベースおよび不純物について十分審査が行われる。NSFはすべての製造所の監査を行い、サンプルを採取し、認定の申請書に提出された不純物のデータを確認するために分析が行われる。原料物質も提出されたリストに照らして検証が行われる。原材料の供給者も製品申請者と類似の詳細な情報を提供することが必要とされる。

合格したものはNSF Standard 60 ListingにリストアップされNSFのロゴマークを証することができる。メーカー名と住所、商標名(Trade Designation, 例えば Protect-ALL)、製品の機能(Product Function, 例えば、Corrosion & Scale Control Sequestering)、最大使用濃度(例えば 12mg/L)などの項目が明記されている。現在、NSF Standard 60 Listingには600社以上にのぼる米国内外の会社が登録されている。

3.5 リン酸塩注入による効果

3.5.1 赤水防止

水道管および建物内給水管における最も一般的な腐食による障害は、赤水とさび詰まりである。赤水是消費者から最も多い苦情である。それに対してリン酸塩は赤水防止の最も一般的な薬剤である。

ポリリン酸塩が水道配管で最初に使用されたのは、1940年代に炭酸カルシウムによる過剰なスケール生成防止に著しい効果を示した。

その後、リン酸塩が赤水防止にも効果があることがわかり、今日使用されているリン酸塩はヘキサメタリン酸塩(ポリリン酸塩)、オルトリン酸塩、亜鉛-オルトリン酸塩、亜鉛-メタリン酸塩などである。

しかし、リン酸塩による赤水防止効果のメカニズムはまだ明確になっていない。一般にオルトリン酸塩は金属イオンと不溶性の化合物を生成し、保護皮膜を形成することにより防食効果を示すとされている。一方、ポリリン酸塩は金属イオンと可溶性の化合物を形成して金属イオン封鎖効果により赤水障害を封鎖する効果があると考えられている。

米国の浄水場では、赤水防止の目的で添加されるリン酸塩は、Pとして最大1mg/L程度である。

リン酸塩による赤水防止効果は水質にも依存し、オルトリン酸塩単独添加よりもポリリン酸塩と一定の割合で混合することにより、より効果が優れているとも言われている。また最近の浄水場へのアンケート調査結果によると、ポリリン酸に代わってオルトリン酸塩の使用が増大するようになったと考えられている。

3.5.2 飲料水処理用リン酸塩の特性²⁾

A. 封鎖 (Sequestering)

金属イオン封鎖とは、キレート剤と金属イオンが結合して水溶性の化合物が形成される化学結合のことであり、ヘキサメタリン酸ナトリウム(SHMP)は中性域で優れた性能を示す。ピロリン酸塩とポリリン酸塩はアルカリ域で最も優れた性能を示す。

B. 臨界活性 (Threshold Activity)

ポリリン酸塩は硬度成分を多く含む硬水のスケール防止剤として広く使われてきた。多くのポリリン酸塩は化学量論濃度(stoichiometry)より遙かに低い濃度でも所定の効果が得られることが、古くから知られており、このような効果のことを限界濃度効果("threshold effect")と呼ばれている。例えば、200ppmの硬度(as CaCO₃)を有する水の場合、理論的にはヘキサメタリン酸ナトリウム(Sodium hexapolyphosphate:SHMP)を500ppm必要とするが、実際には2-4ppmのSHMPでスケール抑制効果が得られる。このようなthreshold effectは結晶成長の初期に何らかの効果を発揮するものと考えられている。

C. 凝集防止 (Deflocculation)

10ミクロン以下の小さな粒子が凝集して沈殿するのを防止するため、ポリリン酸塩を水中に微量添加することによって防止できる。限界濃度(threshold)のわずかなポリリン酸塩の注入で、ポリリン酸塩が微粒子の表面を被覆する。また極性が同じであるため粒子同士が反発して凝集を妨げ、粒子を水中にとどめる。

D. 塩素の安定化

オルトリン酸塩もポリリン酸塩も塩素の存在下で安定化する。塩素の存在はポリリン酸塩の金属封鎖効果に影響を及ぼさない。

E. 加水分解安定性

直鎖状ポリリン酸塩は水中で時間とともに加水分解を生じて、鎖を破断して短くなっていく。しかし、中性、室温条件ではその分解は緩やかである。低pH、高温ほど加水分解の速度が増す。

3.5.3 飲料水処理におけるリン酸塩の使用²⁾⁴⁾⁵⁾

A. 鉄およびマンガンの制御

地下水中では鉄とマンガンは二価の状態では溶けている(Fe²⁺、Mn²⁺)。大気下では三価に酸化されて不溶性になり沈殿し、着色する。塩素処理の前に、ヘキサメタリン酸ナトリウム(SHMP)、トリポリリン酸ナトリウム(STP)、テトラパイロリン酸ナトリウム(TSP)を2-4ppm程度、微量添加すると、リン酸塩の錯化合物を形成して色が消失する。カルシウムおよびマグネシウムのオルトリン酸塩は比較的不溶性であるため、析出によって硬度は低下する。

B. 鉛および銅の除去

飲料水中の鉛と銅の大部分は配管から溶出したものである。市水中の銅は水質規制法 Safe Drinking Water Act (SDWA)により 1.3 mg/L 以下、鉛は 15ppb 以下となっている。飲料水中に水溶性のオルトリン酸塩を注入すると、低レベルでリン酸塩は鉛、銅および硬度

成分の金属イオンと結合して給水管内面に不溶性コーティングが形成される。一旦、このコーティングができると、飲料水中の鉛、銅は急速に低下する。

C. スケール防止および除去

飲料水中のスケール生成は、溶液からマグネシウムおよびカルシウムの炭酸塩あるいは硫酸塩の結晶化によるものである。非常に低レベルのポリリン酸塩(1~10ppm)は結晶成長に干渉する。このようなスケール防止作用は化学量論濃度よりもはるかに低い濃度で起こるので、何らかの限界(threshold)特性による。経験によればポリリン酸塩はスケール形成を妨げるばかりでなく、既存の硬い析出した炭酸カルシウムや硫酸塩スケールをも除去する。ポリリン酸塩で処理した水を通すと最初スケールは軟らかくなり、ついで分解して除去される。

D. 腐食制御

水の腐食性は低pH(酸度)、高い温度、低い総溶解残渣、高い流速、異種金属接触、溶存ガス(溶存酸素、二酸化炭素)などの条件による。ポリリン酸塩単独またはオルトリン酸塩と共同作用で鉄系および非鉄系金属に効果的に腐食を制御することができる。ポリリン酸塩は低温、pH7.5以下のpHでとくに効果的な腐食制御剤である。

3.5.4 鉛及び銅制御の戦略法を選定するための改訂ガイダンスマニュアル

Revised Guidance Manual for Selecting Lead and Copper Control Strategies
C.M. Spencer P.E. (Black & Veatch)⁵⁾.

地下水を使用する小規模水道事業者を対象として、鉛及び銅の溶出問題を解説したU.S.EPAが書いた戦略マニュアル。このような問題を生じた場合に、どのような戦略で解決に導いていくかを水質面から紹介し、とくに各水質項目の意味を述べている。

オルトリン酸塩については、水中に注入したオルトリン酸塩が鉛、銅と結合して不溶性の化合物を形成することにより、水中の鉛、銅レベルを減少させる。リン酸塩が水中の鉛及び銅のレベルを低い値を保証するキーは、pHを適正值に保ち、オルトリン酸が水中に残存するように濃度を維持することであるとしている。多くのシステムでは、少なくともPとして0.5 mg/L、できればPとして1.0 mg/Lの残存が望ましい。鉛および銅の制御にリン酸塩を使用する場合は、pHは7.2~7.8の範囲に維持することである。pHが低いとオルトリン酸塩を多く注入しても効果がない。またpHが高すぎても安定な皮膜を形成しない。銅に対しては鉛よりもリン酸塩濃度は高くする必要がある。オルトリン酸亜鉛系の薬剤は亜鉛や銅が排水処理に問題を生じる場合は、銅の腐食制御はオルトリン酸塩よりもpH/DIC* (炭酸塩) 処理効果が有効な場合がある。

*DICはDissolved Inorganic Carbonateの略で、水中のCO₂(遊離炭酸)、HCO₃⁻(重炭酸イオン)、CO₃²⁻(炭酸イオン)を合わせた全炭酸の量を表す。DICは(mg C/L)の単位で測定される。DICはアルカリ度に関係し、アルカリ度とpHがわかっているれば計算で求めることができる。銅および鉛の溶出に影響する重要な要因。

3.5.5 飲料水系における腐食に及ぼす塩素の影響 (ABIGAIL F. CANTOR, JAE K. PARK, AND PRASIT VAIYAVAAT JAMAI: Effect of chlorine on corrosion in drinking water systems

J. AWWA 95:5, 2003) ⁶⁾

1) ループテストの方法

水道水に殺菌のために注入される塩素の腐食性の影響が調べられた。この論文は停滞水における金属イオンの溶出と塩素濃度の関係、水道水に添加される給水防錆剤が塩素注入によって防食性能が劣化するかどうかについてループテストによって検討されている。これらの影響を検討するための試験ループが2カ所の浄水場が選ばれた。一つはウイコンシン州のDane浄水場（人口620人）であり、もう一つウイコンシン州Lone Rock（人口630人）であった。各試験サイトにおける水質を下表に示す。前者は後者に比べてpHはやや低く、総溶解残滓、カルシウム、マグネシウム、硫酸イオンなど高い値を示す。Daneでは残留塩素濃度は0.2mg/L（次亜塩素酸ナトリウム12%溶液として）、オルトリン酸塩はPとして1.0 mg/Lが注入された。オルトリン酸塩は全リン酸塩27%のオルトリン酸塩として注入された。Loneの方は50%NaOH溶液を脱イオン水で薄めてpHが7.7-8.2になるように調整した。

試験サイトにおける平均水質

Analysis	Dane, Wis.	Lone Rock, Wis
pH	7.4	7.8
Temperature C (F)	14 (57.2)	14 (57.2)
Residual Chlorine mg/L as Cl ₂	<0.02	<0.02
Total P - mg/L as P	<0.01	<0.01
Dissolved Oxygen -mg/L	11	6
Total Dissolved solids -mg/L	470	210
Ca -mg/L as Ca	80	40
Mg -mg/L as Mg	40	20
Alkalinity -mg/L as calcium carbonate	290	140
Chloride -mg/L	60	9
Sulfates -mg/L	30	15
Manganese -µg/L	1	3
Lead -µg/L	1	1
Copper -µg/L	2	1
Iron -µg/L	5	2

2) テスト結果

・鉛

硬度、アルカリ度とも高いDaneでは、非処理、塩素処理のみ、塩素処理+オルトリン酸塩の3種類の水質で鉛の溶出濃度が比較された。いずれの場合もUSEPAのaction level=15 µg/Lを上回った。しかし、オルトリン酸塩を注入した場合、Pb濃度は著しく低下し、1年の稼働後にはaction levelにまで低下した。一方、Lone浄水場の場合、非処理、塩素処理、塩素処理+pH上昇の3者による比較では、塩素処理は無処理よりもPb濃度の低下をもたらしたが、pH上昇はPb溶出をさらに抑えるような目立った効果はなかった。塩素処理がかえってPbを抑えるのは、Pb(II)からPb(IV)に酸化することにより鉛の溶解度を著しく低下させることによるものと考えられる。いずれにしてもオルトリン酸塩の注入は鉛の溶出を低下させるが、pH7以下になるとオルトリン酸皮膜を破壊するので効果はなくなる。

・銅

Dane 浄水場における非処理、塩素処理のみ、塩素処理+オルトリン酸塩の3処理法の場合、銅の USEPA action level=1,300 $\mu\text{g/L}$ 以下であった。塩素は銅に対して腐食性を高める。オルトリン酸はさらに腐食性を高める。

Lone Rock 浄水場における pH 上昇は、塩素処理は銅に対する腐食性を高め、オルトリン酸塩の添加はさらに腐食性を高める。

・鉄

USEPA は最大汚染レベルを 0.3 mg/L に設定している。これ以上でも健康には影響ないがシンクやラウンドリー関係では汚れの原因になる。塩素処理は鉄に対して腐食性を高める。しかし、塩素処理+オルトリン酸塩添加は腐食性を元に戻す効果がある。

Lone Rock では、塩素処理は鉄に対して著しく腐食性を高めたが、pH 上昇は腐食性を非処理のレベルに低下させた。

3) 結論と推奨

この試験を通じて導かれる結論は次のとおりである。

溶存酸素濃度が高い水では、鉄は塩素処理に最も影響を受ける。ついで銅、鉛の順である。非処理水中における銅の濃度は、両浄水場とも USEPA 基準の 1,300 $\mu\text{g/L}$ 以下である。塩素注入は銅の溶出濃度を高めはするが、基準値内である。鉄の場合も塩素の注入による鉄の増大は基準を超えない。鉛は両浄水場とも基準を超える。一方、pH 上昇は銅および鉛に対して改善効果はない。

3.6 リン酸塩添加の事例

3.6.1 水道銅管の孔食防止

米国メリーランド州のモントゴメリー(Montgomery)カウンティおよびプリンスジョージ(Prince George)・カウンティでは、2000 年頃より住宅の給水・給湯銅配管にピンホール腐食が頻発するようになった⁷⁾。Washington Suburban Sanitary Commission (WSSC)は、腐食専門家のアドバイスに基づいて浄水場でオルトリン酸塩(Orthophosphate)を 1 mg/L 注入することにした。この決定を下す上で、関係当局に対して許容濃度や安全性について問い合わせを行っている。

3.6.2 銅管のピンホール問題とオルトリン酸塩の安全性

・Maryland Department of the Environment (MDE)の見解⁸⁾

WSSC は給水にオルトリン酸塩を添加する計画について 2003. 9. 15 付の手紙で MDE に問い合わせを行った。それに対して MDE は 2003. 10. 14 付で以下のような回答²⁾を行っている。

リン酸(75%)に対する Product Data Sheet and Material Safety Data Sheet (MSDS)と、飲料水処理用薬剤に対する ANSI/NSF Standard 60 を参照して、WSSC に対してリン酸(75%)は飲料水添加物として MDE の承認に合致する。NSF は最大 13 mg/L の使用をリストに挙げているが、WSSC は最大の注入量として 1 mg/L as PO_4 としている。

薬剤を変えるか、注入に関して何らかの計画変更があるときは、この事務所に知らせてほしい。我々は WSSC がリン酸の添加を Potomac Filtration プラントでは 2003 年の秋から、Patuxent Filtration プラントでは 2003 年の終わりまでに開始すると理解している。各ス

トップが完了したら文書で事務所に知らせてほしい。

・ Department of Health and Human Services(DHHS)の見解⁹⁾

当局はオルトリン酸塩(Orthophosphate)添加濃度に起因する公衆の健康リスクに関していかなる情報も持っていない。りん(P)は人間の必須の成分であり、炭水化物、脂肪、蛋白質の代謝作用において重要な役割を演じている。さらに人の体は非常に多くの種々のタイプのリン酸塩が、病気を引き起こすような影響もなく処理できるようだ。

DHHS は公共水道に対して何ら権限のないことに注意してほしい。けれども、オルトリン酸塩に関係して短期的および長期的に健康問題が存在するかどうかを Maryland Department of Health and Mental Hygiene (DHMH)および Environment (MDE)の代表者と話し合いをもった。またオルトリン酸塩をすでに2年間にわたって使用している Carroll County Health Department とも話をした。さらに飲料水基準を制定する立場にある連邦 Environmental Protection Agency(EPA) Region III の事務局とも話をした。

議論の結果は、一般的にいてオルトリン酸塩の使用は何ら健康に影響しない、また WSSC が使用しようとしている濃度(1 mg/L)では、特に健康に関係しないことが明らかになっている。我々の議論では、オルトリン酸塩は多くの公共水道(おそらく 50%)で使用されていることを確認した。さらに我々自身の Rockville 公共水道の経験(オルトリン酸塩を使用している)でも、オルトリン酸塩に関連して病気や健康不具合に関する苦情も寄せられていない。

MDE は EPA 飲料水基準(NSF/ANSI Standard 60³⁾)による給水へのいかなる処理薬剤の添加も承認しなければならない(COMAR 26.04.01.33)。MDE は WSSC がピンホール型腐食を減少させるため、飲料水にオルトリン酸塩を添加することをすでに承認しているものと理解している。MDE の Water Supply Program からの情報によれば、WSSC によって使用されるオルトリン酸塩のタイプ、すなわち、リン酸は 27 mg/L まで認められる。WSSC は 1 mg/L を用いる。

MDE からのいくつかのガイドラインや規制書類を見ると、オルトリン酸塩は給水に溶け出す鉛や銅によって引き起こされる健康問題を防止するための添加物として推奨され、それによって公衆の健康を保護するのにかなり役立っていると思われる。EPA はオルトリン酸塩が 0.5~1.0 mg/L に維持されることを推奨している。

3.6.3 Washington Aqueduct の事例¹⁰⁾

District of Columbia Water and Sewer Authority(WASA)は Washington DC 地域の水道供給の責任を負う機関で、水道水は U. S. Army Corps of Engineers によって所有され操業している Washington Aqueduct によって 50 万の居住者に供給されている。なおこの地域ではクロラミン処理が行われている。一旦、遊離塩素処理を行った後、アンモニアを注入してクロラミンを生成させる。

EPA と Washington Aqueduct は Washington DC の Columbia 地域において、鉛の濃度が基準値を超えていることが明らかになり、この地域において腐食防止の対策を実施することにした。

2004 年 8 月、Washington Aqueduct はワシントン DC 全域において防錆剤としてオルトリン酸塩を飲料水に添加を開始した。これはパイプ内面に保護皮膜を形成すると鉛管から

の鉛の溶出を減少させることを期待したものである。

Virginia州の Washington Aqueduct から供給を受けているカウンティでも同様な処理が行われ、2004年後半には2001年のPb:10ppbのレベルから3.7ppbまで明らかに減少がみられるようになった。

オルトリン酸塩注入に伴う副反応として大腸菌の増加が見られたがバクテリアの基準値に抵触しない。また一時的な赤水発生がみられたが、2000年8月以降、かなり減少した。

給水防錆剤の選定にあたって、EPAとWashington Aqueductら関係者によって実験的なループ試験や防錆剤の選定が進められた。当初はEPAが他の地域における成功例を参考として、オルトリン酸亜鉛の使用を勧めた。しかし、排水処理における亜鉛の過負荷の問題があることがわかり、結局、オルトリン酸塩が使用されることになった。

Washington Aqueductはオルトリン酸塩の注入開始にあたり、次のような広報を行った。

「2004.6.1頃からWashington AqueductはColumbia地域の一区域で給水にオルトリン酸塩を添加する。薬剤添加は最初、一部の地域であるが、いずれ全域に広げる。オルトリン酸塩は水中で他のミネラルと反応して鉛管、給水管、鉛ハンダ、配管継手などの内面に保護ライニングを形成し、それによって浸出する鉛の量を抑制する。化学変化が起こる間、一時的に水栓からさび色の水（赤水）が出る可能性があります。赤水は配管系の鉄が溶けることによって生じるもので、鉛の溶出を抑制するために添加するオルトリン酸塩によるものと思われる。一時的な現象である。」

3.7 まとめ

文献調査結果から得られた内容は次のようにまとめられる。

- 1) 日本給水用防錆剤協会：給水用防錆剤の手引きには、協会の定める基準、給水防錆剤に関する法令、作用機構が記述されている。
- 2) マンションにおける給水防錆剤の防錆効果についてリン酸塩系およびケイ酸塩系の薬剤に関する測定データが示されている。
- 3) 米国フロリダ州Pinellas Countyの浄水場で行われた給水防錆剤の評価試験結果がまとめられている。
- 4) 米国におけるリン酸塩系防錆剤の使用動向のアンケート調査結果では、ポリリン酸塩系に比べてオルトリン酸塩系を採用するところが増えていることが示されている。
- 5) リン酸塩系インヒビターの基本的な機能と水処理における使用方法がまとめられている。
- 6) 文献を通して米国における給水防錆剤としてのリン酸塩の使用状況をまとめた。
- 7) 米国におけるリン酸塩の安全性と濃度規制の実情をまとめた。とくにNSF/ANSI Standard 60-2003eに定めるリン酸塩系の最大許容濃度、およびNSFによる薬剤の登録認定制度についてまとめた。
- 8) 水道水中へのリン酸塩注入によって得られるスケール防止、赤水防止、鉛および銅の溶出を抑制する効果についてまとめた。
- 9) US EPAによる「鉛及び銅制御の戦略法を選定するための改訂ガイダンスマニュアル」からオルトリン酸塩の効果と水質要因の関係をまとめた。
- 10) リン酸塩系インヒビターの飲料水系への注入と、塩素注入による防錆効果の変化につ

いて評価結果をまとめた。

- 11) 米国におけるリン酸塩系インヒビターの導入事例として、銅管の孔食を防止するためにオルトリン酸塩の注入を開始した事例、鉛および銅の溶出を抑制するためにオルトリン酸塩を注入するに至った事例を紹介した。

[参考文献]

1. Richard E. DeBlois: Use of Phosphate in Water Treatment for Sequestering and Corrosion Control. *12th Annual South Carolina Environmental Conferenc*, 17-20 March (2002)
2. American Chemistry Council: The Use of Phosphate for Potable Water Treatment (2004)
3. NSF/ANSI 60- 2003e: Drinking water treatment chemicals- Health effects-American Chemistry Council: The Use of Phosphate for Potable Water Treatment (2004)
4. Laurie S. McNeill and Marc Edwards: Chapter 2- Phosphate Inhibitors and Red Water in Stagnant Iron Pipes : *J. Environmental Engineering*, Vol. 126, No.12, p1096 (2000).
5. Revised Guidance Manual for Selecting Lead and Copper Control Strategies
C.M. Spencer P.E. (Black & Veatch).
6. ABIGAIL F. CANTOR, JAE K. PARK, AND PRASIT VAIYAVAAT JAMAI: Effect of chlorine on corrosion in drinking water systems *J. AWWA*. 95:5, (2003).
7. <http://www.wssc.com>
8. MDE(Maryland Department of the Environment)から WSSC への書簡
9. Department of Health and Human Services から WSSC への Memorandum
10. Washington Aqueduct の広報 (<http://www.epa.gov./dclead/corrosion.htm>).

4. 考察

建築物の給水設備においては鋼管の使用に伴う赤水問題がなお存在している。しかし、赤水対策として、配管については昭和 40 年代中頃より亜鉛めっき鋼管から樹脂ライニング鋼管に、継手については昭和 40 年代後半から昭和 50 年代初めにかけて樹脂コーティング継手から管端防止継手に、弁類やポンプについては昭和 50 年代中頃より鋳鉄弁類・ポンプからコーティング弁・ポンプ又は他の耐食性材料へと、材質が腐食しづらいものへと変遷し、この 10～15 年でほぼ普及している。現在、新設での給水用鋼管の使用はほぼ皆無となっており、管以外の配管材料も赤水対策が普及してきており、新設建築物では防錆剤の使用はほとんどないと考えられる。

また、今回の調査結果でも分かるように、給水用防錆剤販売メーカー各社の平成 14 年度販売量は 200 トンと平成 11 年度に日本給水用防錆剤協会が独自に調査した結果(給水用防錆剤調査結果)に比べ 5 分の 1 程度に減少していることから、赤水を問題とする建築物では配管敷設替えや取り壊しが行われ、防錆剤が使用されなくなったものと考え、給水用防錆剤の使用はあくまでも暫定処置(布設替えまでの応急処置)としての位置付けが強く反映されており、予防保全的な考え方では使用していないと思われる。

しかし、行政への届出状況から特定建築物における暴政剤の使用状況をみると、建築物使用開始直後からの防錆剤使用や防錆剤の使用期間がおおむね 10～35 年と半恒久的であると考えられる。

全国の建築物衛生法所管関係行政を対象とした給水用防錆剤の使用に関するアンケート調査結果では、特定建築物 34,827 件のうち届出数は 407 件のみであった。一方、平成 11 年度の防錆剤協会調査結果では、防錆剤使用の特定建築物数は 7,430 件であり使用件数が乖離している。防錆剤協会調査結果は防錆剤の販売量(販売量;約 1,050 トン, 建築物数; 58,360 件, 1 建築物当たりの使用量;約 20kg/年)からも裏付けられているので実態を反映しているものと思われる。

したがって、関係行政に届けずに防錆剤を使用している特定建築物が多数あり、さらに特定建築物以外の建築物では非常に多く使用されていると考えられる。また、給湯設備についても新たに飲料水と同等の維持管理が義務付けられたことから、今後使用実態を正しく把握することが第一に必要である。

「空気調和設備等の維持管理及び清掃等に係る技術上の基準」(平成 15 年厚生労働省告示第 119 号)では、防錆剤の使用は応急措置としてのみ認めているが、実態調査では日常的に使用されていることが伺えることから、その実態を考慮すると、応急措置としての規制の妥当性を再検討することが望まれる。

今回の調査より防錆剤を使用する特定建築物 202 件のうち 199 件には防錆剤管理責任者や建築物環境衛生管理技術者が防錆剤の使用基準や管理基準に沿った適切な管理を実施していると思われるが、実態は明らかになっていない。また、防錆剤は特定建築物よりもそれ以外の建築物での使用が圧倒的に多いことから、行政による防錆剤管理に関する指導や日本給水用防錆剤協会による防錆剤販売管理及び管理責任者の教育・育成とともに防錆剤使用者への適切な使用方法を周知徹底するためのマニュアル作成が必要である。

4. 給水用防錆剤管理責任者のためのマニュアルの作成

給水用防錆剤の使用にあたっては、「建築物における衛生的な環境の確保に関する法律」（以下、建築物衛生法という）の中で使用方法等が具体的に規定されている。しかし、2カ年に亘った本調査の結果、防錆剤を使用するにあたり、管理を実施する防錆剤管理責任者が、使用方法等について十分に把握していないと判断された。また、防錆剤の管理業務を委託するケースもみられ、委託による管理においても規定を満たしていないケースがみられたことから、「給水用防錆剤管理責任者のためのマニュアル」をまとめて公表することとした。

このマニュアルは、「Ⅰ. 給水用防錆剤とは」、「Ⅱ. 赤水対策」、「Ⅲ. 給水用防錆剤を用いた適切な管理」の3つからなっている。Ⅰにおいては、建築物衛生法に規定される給水用防錆剤の使用法等について、Ⅱにおいては、赤水の原因や赤水による障害と、その対策について、Ⅲにおいては、給水用防錆剤の注入方法や薬剤の取り扱い方法、防錆剤の濃度管理方法や注入装置の維持管理方法等、給水用防錆剤を使用するにあたっての具体的な留意事項を記述した。

なお、本維持管理マニュアルは、実際に防錆剤を取り扱う建築物環境衛生管理者や防錆剤管理責任者、建築物所有者、製造・販売者並びに行政関係者などの多くの方に利用して頂きたく、参考となるべきことを、Q & A方式を用いて、項目別に分かり易いかたちでまとめた。以下に「給水用防錆剤管理責任者のためのマニュアル」を示す。

序 文

給水用防錆剤の使用にあたっては、「建築物における衛生的な環境の確保に関する法律」（以下、建築物衛生法という）の中で使用方法等が具体的に規定されています。しかし、2カ年に亘った本調査の結果、防錆剤を使用するにあたり、管理を実施する防錆剤管理責任者が、使用方法等について十分に把握していないと判断されました。また、防錆剤の管理業務を委託するケースもみられ、委託による管理においても規定を満たしていないケースがみられましたことから、「給水用防錆剤管理責任者のためのマニュアル」をまとめて公表することとしました。

このマニュアルは、「Ⅰ．給水用防錆剤とは」、「Ⅱ．赤水対策」、「Ⅲ．給水用防錆剤を用いた適切な管理」の3つからなっています。Ⅰにおいては、建築物衛生法に規定される給水用防錆剤の使用法等について、Ⅱにおいては、赤水の原因や赤水による障害と、その対策について、Ⅲにおいては、給水用防錆剤の注入方法や薬剤の取り扱い方法、防錆剤の濃度管理方法や注入装置の維持管理方法等、給水用防錆剤を使用するにあたっての具体的な留意事項を記述しました。

なお、本維持管理マニュアルは、実際に防錆剤を取り扱う建築物環境衛生管理者や防錆剤管理責任者、建築物所有者、製造・販売者並びに行政関係者などの多くの方に利用して頂きたく、参考となるべきことを、Q & A方式を用いて、項目別に分かり易いかたちでまとめました。