HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	磁気処理法による給水用亜鉛メッキ鋼管の防錆と赤水流出抑制
Author(s)	海老江, 邦雄; 大越, 嘉一; 伊藤, 正志
Description	第1回衛生工学シンポジウム（平成5年11月17日（水）-18日（木） 北海道大学学術交流会館） . 6 水処理 . P6-12
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 1, 244-249
Issue Date	1993-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7459
Type	departmental bulletin paper
File Information	1-6-12_p244-249.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

6－12　磁気処理法による給水用亜鉛メッキ鋼管の防錆と赤水流出抑制

北見工業大学工学部　海老江　邦　雄
同　大　越　嘉　一
株式会社　富士計器　伊　藤　正　志

1．ま　え　が　き

水道の高普及時代を迎え、水道水質のレベルアップ、すなわち、より安全で、よりおいしい水の供給が水道事業の重要な課題となって来た。この問題を抜本的に解決するには、水源かん養林の育成が第一であるが、現在のところ、浄水場におけるオゾン処理や活性炭処理などの高度浄水処理の導入によって対応する傾向にある。さらに、水道水質の改善、向上にとっては、給水設備レベルでの防錆や蛇口からの赤水流出の抑制が今後ますます重要になると考えられる。

赤水流出の抑制に対しては、給水管の全面的更新が最も有効と考えられるが、コスト高という一面があるため、従来は『洗浄ライニング法』や『防錆剤注入法』などが多く用いられてきた。しかし、最近になって、より簡単で経済的な『磁気、遠赤外線、電子場、光工学』などを応用した新しい防錆・赤水流出抑制法が開発されている。

本報では、これらの新技術の中から磁気処理法を採り上げ、磁気処理効果に及ぼす水のｐＨと残留塩素の影響に関する基礎実験、および公営住宅の給水管系に設置した磁気処理設備の効果に関する実証実験の結果について報告する。

2．磁気処理用実験装置と実験方法

図１に、実験装置の概要を示した。同装置は、循環水槽（水量:200ﾘｯﾀｰ）と配管部とからなっている。配管部のパイプはφ20mmの塩化ビニール管であり、その途中に試験片挿入部（透明塩化ビニール管製）、ポンプ、水道メーターのほか、装置の心臓部にあたる磁気処理装置が組み込まれている。なお、磁気処理効果の比較対照用として、磁気処理装置を取り付けていない実験装置を別に用意し、常時、並列運転を行った。

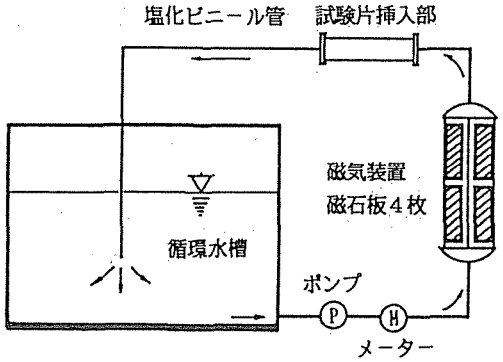

図１　水循環型磁気処理実験装置

磁気処理装置は、中心を走るステンレス管の両側を４枚のフェライト永久磁石板（磁速密度:1,500ガウス、寸法:縦 150mm、横 70 mm、厚さ 25.4mm）で２枚づつ二段に挟む形で配置された構造をもっており、管中心部における磁束密度は、1,300 ガウスであった。また、試験片挿入部（透明塩化ビニール管）には、内面以外を防錆塗料で被覆した半割り管（長さ20cmの新管または錆管）を水流によって流されないように固定し、北見工業大学水道水（深井戸水、総硬度74.7mg/l）を流速132.6cm/秒（36t/日）で循環させた。水のｐＨについては、2N-HClまたは2N-NaOH 溶液を用いて１日に２回、また、残留塩素濃度については、高度サラシ粉を用いて１日に３回、それぞれ設定値に調整した。さらに、実験中には槽内水の鉄濃度などの分析、試験片の写真撮影と実験前後における重量測定などを行った。

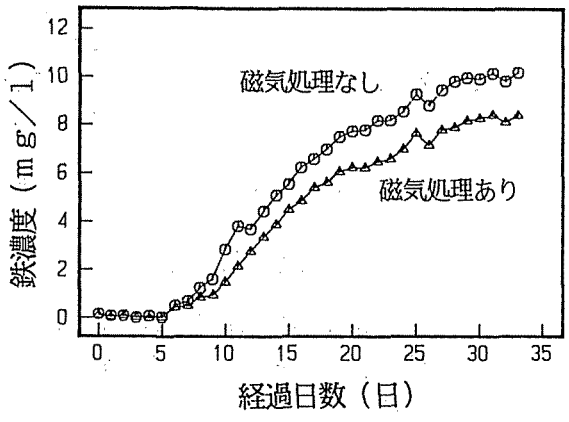

図２　鉄濃度の動き（pH4,新管）

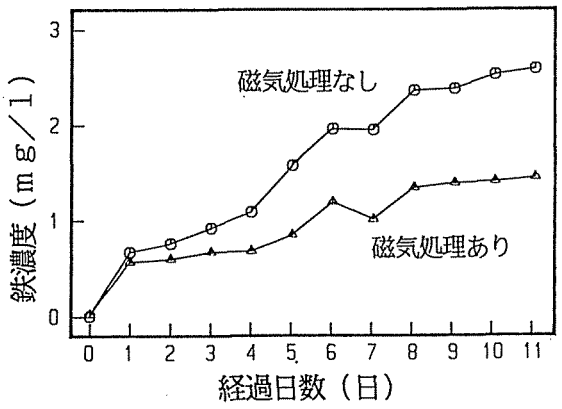

図３　鉄濃度の動き（pH4,錆管）

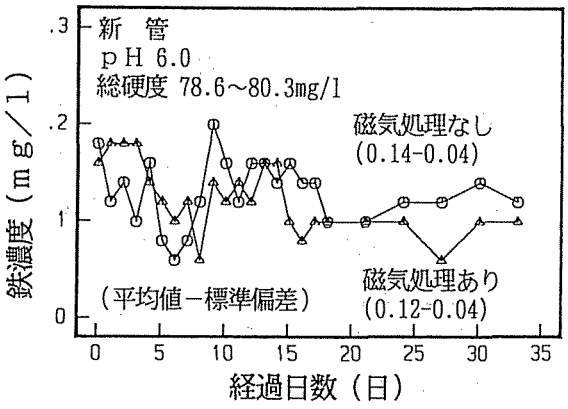

図４　鉄濃度の動き（pH6,新管）

３．水のｐＨ変動と磁気処理効果（残留塩素がない場合）

最初に、給水管の防錆に対する磁気処理法の効果を確認するため、残留塩素を含まない本学水道水のｐＨを変動させて、試験片からの鉄溶出量の変化を測定した。

図２と図３は、ｐＨ４における循環水中の鉄濃度の経日変化を示している。これらの図では、試験片が新管の場合には６日、また錆管の場合には１日経過後から鉄が溶出し始め、日数の経過とともにその濃度は上昇している。磁気処理の効果を実験最終日の鉄濃度で比較すると、図２では、磁気処理しない場合の10.2mg/lに対し、磁気処理した場合には8.42 mg/lとなっている。また、図３では、同様に2.45mg /lに対し1.46mg/lとなっている。この結果より、試験片が新管、錆管のいずれであっても、磁気処理した循環水中の鉄濃度は低く、磁気処理法による鉄溶出の抑制効果が認められた。また、ｐＨ５においても磁気処理した循環水中の鉄濃度が低く、効果が認められた。そこでｐＨを６と７に上昇させて実験を行った。その結果については、図４と図５に示す通りである。残留塩素のないｐＨ６とｐＨ７では、長期間の運転（新管 34日、錆管 48日）を行っても有意な磁気処理の効果は出現しなかった。これらのことから、水に残留塩素がない場合には、通常の水道水が示すｐＨ（6.5－7.0）領域では磁気処理効果が現れないものと考えられる。

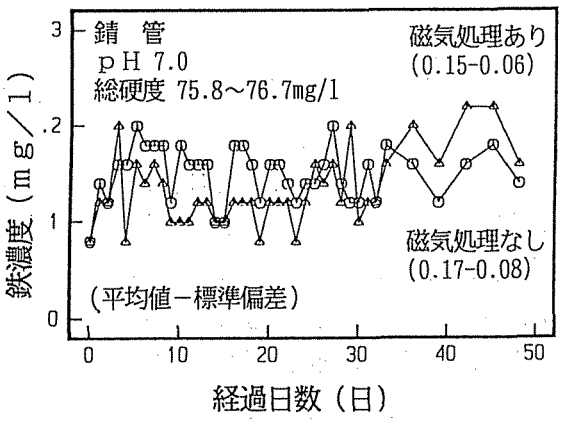

図５　鉄濃度の動き（pH7,錆管）

表１　試験片（新管と錆管）の重量変化など

鋼管の状態	pH	磁気処理	日数	水温（平均）(℃)	重量（g）		
					実験前	実験後	減少
新管	3	有	14	26.0～28.9 (27.5)	131.14	83.23	47.91
		無			116.34	57.27	59.07
	4	有	33	23.0～29.0 (26.2)	127.51	122.39	5.12
		無			122.56	116.92	5.46
	5	有	83	16.1～27.0 (22.1)	125.26	123.90	1.36
		無			124.98	123.57	1.41
	6	有	34	19.9～24.5 (21.8)	126.34	126.04	0.30
		無			126.78	126.45	0.33
錆管	3	有	12	13.0～19.0 (15.8)	122.21	115.60	6.61
		無			122.44	115.19	7.25
	4	有	10	13.0～18.3 (15.8)	129.13	129.05	0.08
		無			129.30	129.18	0.12
	5	有	21	30.0～30.0 (30.0)	139.00	138.80	0.20
		無			139.13	138.89	0.24
	6	有	50	30.0～30.0 (30.0)	79.99	79.69	0.30
		無			79.84	79.54	0.30

挿入した試験片の実験の前後における重量変化の動きを表１に掲げた。同表から、新管、錆管のいずれにおいても、水のｐＨが低い場合には、磁気処理しない試験片の重量減少が大きくなっている。さらに、ｐＨの上昇に伴っては、その減少量は次第に少なくなっており、上記の循環水中の鉄濃度の動きと同じ傾向を示した。

４．水の残留塩素濃度と磁気処理効果（水のｐＨ６、７の場合）

水道用鋼管を腐食させる主要な因子として塩素が考えられる。ｐＨが中性領域にある水では、残留塩素がない場合には磁気処理効果が認められなかったので、外部から高度サラシ粉を加えることによって循環水中の残留塩素濃度を0.2、0.4、0.8 mg/lに維持して、中性ｐＨ領域における磁気処理効果を確認することとした。

写真１と写真２は、実験終了後における試験片の表面の状況を示している。ｐＨ６で新管の場合には、磁気処理しない試験片の表面の方が酸化の程度が僅かに進んでいるように見える。ｐＨ７で錆管の場合には、磁気処理の有無に関係なく、当初、赤褐色であった錆の色が、若干、黄褐色に変化した程度で終っている。

循環水中の鉄濃度の経日変化を図６と図７に示した。図６では、約２週間経過頃から両水槽の鉄濃度に差が現れ始めている。最終日の鉄濃度については、磁気処理しない方の0.28mg/lに対し、磁気処理した方は0.18mg/lとなっている。図７では、磁気処理しない方は４日頃より鉄濃度が上昇しており、最終日には0.28mg/lとなった。最終的に、図６、図７では 0.1mg/l程度の濃度差が生じており、これは磁気処理効果を示すものと判断される。

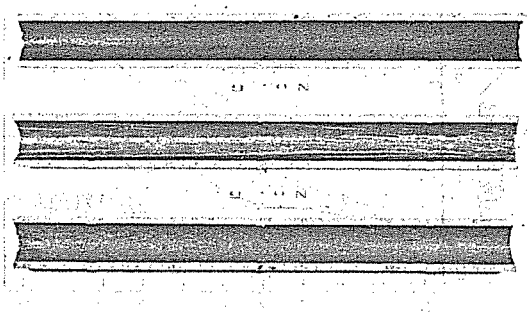

写真１　新管の表面状況（pH6,残塩0.4mg/l）
上：磁気処理無，中：磁気処理有
下：（磁気＋遠赤）処理

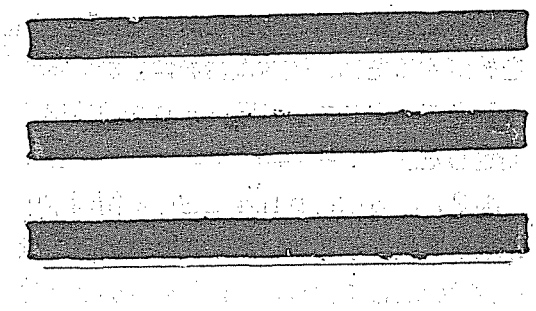

写真２　錆管の表面状況（pH7,残塩0.4mg/l）
上：磁気処理無，中：磁気処理有
下：（磁気＋遠赤）処理

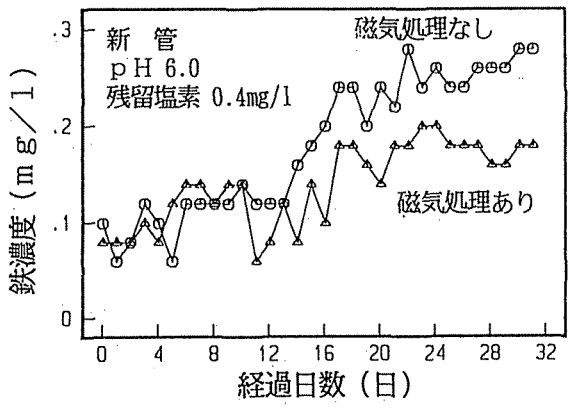

図６　鉄濃度の動き（pH6,新管,残塩0.4mg/l）

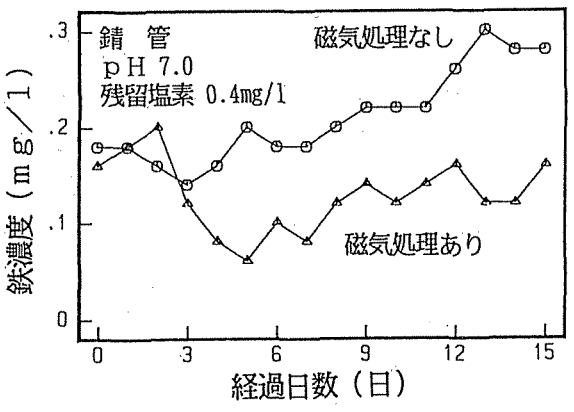

図７　鉄濃度の動き（pH7,錆管,残塩0.4mg/l）

これらの実験における高度サラシ粉の注入量の動きを図８と図９に掲げた。同図では、磁気処理装置を組み込んだ水槽に対する注入量が少なくなっている。したがって、水の磁気処理を行うと、塩素の消費が抑制され、それが鉄溶出の抑制につながっていると考えられる。これ以外の実験においても、同様の結果が得られた。

表２に試験片の実験前後における重量変化を示した。いずれの条件においても、磁気処理した試験片の重量減少が少なく、この傾向は循環水中の鉄濃度の動きと同様に、磁気処理効果を示すものと考えられる。

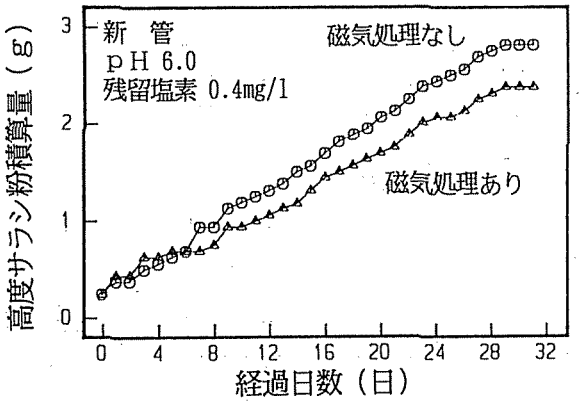

図８　高度サラシ粉注入量の動き

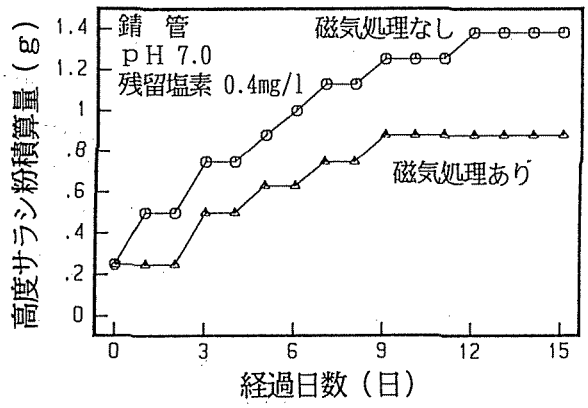

図９　高度サラシ粉注入量の動き

以上、水中の残留塩素は水道用鋼管の腐食に大きく関わっており、通常の水道水（ｐＨは中性領域、遊離残留塩素 0.1mg/l以上）においても磁気処理が水道管の防錆や赤水流出の抑制に効くことが証明された。

表３は、ｐＨ５で新管に発生した錆を走査電子顕微鏡に組み込まれたエネルギー分散型Ｘ線分析装置（JED-2001）を用いて元素分析した結果である。磁気処理の有無に関わらず、いずれの錆も主成分はFeであり、その他にAl、Si、S、Cl、Cu、Zn などの元素を含んでいた。また、錆に含まれるFeの割合については、原子吸光分光光度計を用いて測定したところ、磁気処理した方の錆においては、１ｇ中22.5mgであったのに対し、磁気処理しない方においては、１ｇ中35.6mg含まれており、磁気処理した錆中の鉄含有量が１ｇ当り13.1mg（36.8％）低かった。また、これらのことは、磁気処理の有無によって錆の組成が変化することを示している。

表２　試験片（新管と錆管）の重量変化など

鋼管の状態	pH	磁気	残留塩素 mg/l	日数	水温（平均）(℃)	重量（g） 実験前	実験後	減少量
新管	6	有	0.2	19	30.0～30.0	128.23	128.18	0.05
		無			(30.0)	128.41	128.32	0.09
	6	有	0.4	32	30.0～30.0	125.35	125.28	0.07
		無			(30.0)	125.30	125.19	0.11
	7	有	0.4	40	30.0～30.0	126.49	126.14	0.35
		無			(30.0)	126.50	126.11	0.39
	7	有	0.8	40	30.0～30.0	134.43	134.02	0.41
		無			(30.0)	134.50	134.06	0.44
錆管	6	有	0.2	16	30.0～30.0	122.33	122.25	0.08
		無			(30.0)	122.43	122.29	0.14
	6	有	0.4	16	30.0～30.0	124.23	124.20	0.03
		無			(30.0)	124.84	124.77	0.07
	7	有	0.4	16	30.0～30.0	120.10	120.00	0.10
		無			(30.0)	119.73	119.60	0.13
	7	有	0.8	16	30.0～30.0	124.43	124.35	0.08
		無			(30.0)	124.25	124.15	0.10

表３　新管に発生した錆の元素分析（重量％）

試料	元素	Al	Si	S	Cl	Fe	Cu	Zn
1	平均	3.31	7.89	1.98	0.63	64.82	15.00	6.00
	標準偏差	0.94	2.54	0.88	0.63	18.52	24.09	3.05
2	平均	2.86	8.28	2.39	0.91	77.65	5.62	2.06
	標準偏差	1.32	1.30	0.44	0.40	9.48	10.38	2.91

※ 試料NO. 1…pH5，磁気処理あり
　 NO. 2…pH5，磁気処理なし

５．公営住宅における実験設備と実験方法

公営住宅２棟内の合計16戸の家庭を対象に、平成３年11月から磁気処理法による主として赤水防止に関する実験を行っている。公営住宅は４階建てで、実験対象の各棟８戸のうち、磁気処理を付けたもの４戸、付けないもの４戸に分けて比較実験を継続している。公営住宅２棟は建築後約20年経過しており、実験開始時、すでに赤水が流出している状況であった。

磁気処理設備としては、公営住宅２棟にφ50ミリのものを１台づつ設置した。また、16戸すべての流し場には、蛇口のすぐ上流部分に透明管を設置し、表面観察用にそれまで使用していた水道管の一部を挿入した。同時に、流し場の蛇口における水使用量を把握するために、φ13ミリ水道メーターを設置した。

赤水の流出状況（鉄の流出量）の変化を把握するために、早朝、各家庭に出向き、蛇口から給水管内の水（６時間程度停滞）を採水した。その頻度については、１年目は１ヶ月に１回、２年目は２ヶ月に１回とし、赤水がどの程度抑制されるかについて実験を継続してきた。

6．公営住宅における赤水流出の抑制状況

図10に、磁気処理装置を設備する直前と、実験２年目の平成５年３月と７月のあわせて３回における試料中の鉄濃度の流出状況を平均値で示した。

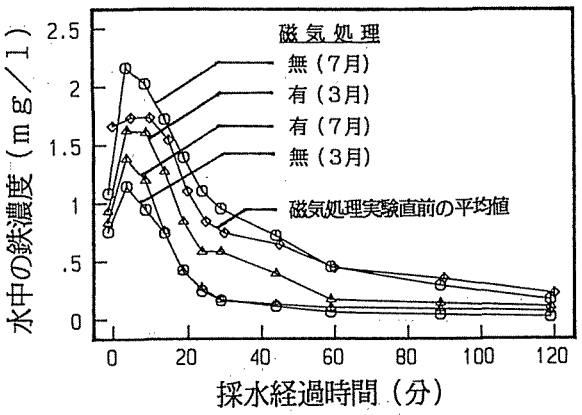

図１０　鉄流出量の動き（16戸の平均値）

水道水使用時に一番気になる赤水流出のピーク値については、磁気処理装置を設備した直前には、採水開始から10秒後にピーク値（1.74mg/l）、その後60秒頃まで低下して行き、さらにその後はほぼ一定値を保っている。また、磁気処理装置を設備した後においては、いずれも開栓５秒後にピーク値が出現し、３月には、磁気処理無しの場合1.65mg/l、磁気処理有りの場合1.39mg/l、７月には、磁気処理無しの場合2.17mg/l、磁気処理有りの場合1.15mg/lであった。したがって、鉄濃度のピーク値については、磁気処理した方の給水管系において３月には15.8％、７月には47.0％、いずれも減少したことになる。ピーク値出現後の赤水流出状況については、３月、７月のいずれにおいても磁気処理装置を設備する直前の結果と同様の傾向を示した。

ついで、１回の開栓によって流出する鉄総量の平均値の動きを見ると、磁気処理装置を設備する直前の値は3.37mgであった。３月の採水では、磁気処理しない場合の3.05mgに対し、磁気処理した場合には0.78mgとなっており、磁気処理した方が74.4％減少している。また、７月の採水結果を見ると、磁気処理しない場合の3.62mgに対し、磁気処理した場合には1.09mgとなっており、この場合にも、磁気処理した方が69.9％減少している。

以上、鉄流出のピーク値は開栓５秒～10秒後に出現し、開栓に伴う赤水流出の継続時間は30秒～60秒間であることなど、赤水流出の推移パターンを捉えることができた。また、１回の開栓によって流出する鉄総量は、今回採用した流量3.7 l/分の場合３mg程度であり、磁気処理法によってピーク値は勿論のこと鉄総量も大幅に抑制されるなど、循環装置による実験の場合と同様に、赤水（鉄）流出の抑制効果が明らかになった。

7．あ と が き

磁気処理法の防錆・赤水流出抑制効果を検討したところ、残留塩素を含まない水ではｐＨが３、４といった酸性領域では効果が確認されたが、ｐＨ６以上の弱酸性から中性領域では有意な差は認められなかった。しかしながら、水に塩素を加えて、実際の水道水と同じレベルの残留塩素がある状態では、水の腐食性が高まるためか、中性領域においても磁気処理効果が発現した。

また、公営住宅における実験では、磁気処理効果を明確に示す基礎データーが得られた。したがって、磁気処理法は長期にわたる鋼管の防錆や赤水流出の抑制に有効であると考えられる。

今後は、磁気処理法のメカニズムを解明するとともに、実施設における磁気処理法の効果をより一層明確にして行きたいと考えている。

【 文　　献 】

１）高橋　秀昌：現在の電子式水処理技術の歴史的背景,建設設備と配管工事, pp.114-119, '89.2.
２）北井　　修：電子場法による水処理,建設設備と配管工事, pp.71-78, '87.3.
３）坂西　敏之：磁気処理器の水への利用（１）,建設設備と配管工事, pp.105-120, '90.11.
４）坂本　正義：磁気処理水によるスケール・赤水の防止効果, 腐食防食, pp.213-216, '87.

5）海老江　邦雄・大越　嘉一：給水用亜鉛メッキ鋼管の防錆と赤水流出抑制，建設設備と配管工事，pp.134-137，'93.3.
6）有澤　習之：微磁気式スケール除去器アクセルの実証，建設設備と配管工事，pp.142-145，'93.6.
7）海老江・大越・井戸井・伊藤：ｐＨ変動下における磁気処理法の防錆・防食効果に関する基礎的検討，第43回全国水道研究発表会講演集，pp.741-743，'92.5.
8）海老江・大越：寒冷地における水道水質の改善に関する研究－磁気処理法による防錆・赤水流出抑制効果－，第８回寒冷地技術シンポジウム講演論文集，pp.369-373，'92.12.
9）海老江・大越・伊藤：磁気処理法による給水用亜鉛メッキ鋼管の防錆と赤水流出抑制，第44回全国水道研究発表会講演集，pp.402-404，'93.5.