

熊本大学工学部 正員 ○中島 重輝

清崎 美奈子

松尾 大輔

1. はじめに

N村簡易水道の水源は深井戸で計画給水量780 $\frac{m^3}{日}$ であるが、昭和53年4月に300 $\frac{m^3}{日}$ 給水で運転が始まった。ところが運転開始後6ヶ月程で給水栓水から亜鉛を検出した。原水と浄水場から約2km離れた給水栓の水を昭和53年11月8日に水質分析した結果が表-1であり、配水管は亜鉛メッキ鋼管であるから管内腐食が原因と考えられた。ここに原水とは水中モーターポンプで揚水し井戸のすぐ横に設けられ浄水池への流入口で採水した試料で、亜鉛が含まれているのはそのポンプ通りの亜鉛メッキ鋼管によるものと考えられる。

この原水の腐食性防止法としてランゲリア指数(LI)と指標にその安定性と考えた。ランゲリア指数は水中から $CaCO_3$ が析出する傾向を示す尺度であり、 $CaCO_3$ が飽和するとそのpHと pH_s とが等しく、水の実際のpHと pH_s との差($pH - pH_s$)で(+)のときは $CaCO_3$ が析出するので防食性、(-)のときは $CaCO_3$ 溶解性となり腐食性となる。

$$LI = pH - pH_s \quad \text{— 式(1)}$$

$$pH_s = pCa^{2+} + pAlk + pK_2 - pK_s \quad \text{— 式(2)}$$

ここで pCa^{2+} はカルシウム硬度 (ppm), $pAlk$ はヒアルカリ度 ($CaCO_3$ ppm), pK_2 は炭酸の第2解離定数, pK_s は $CaCO_3$ の活量積の負対数である。ただし $pK_2 - pK_s$ は全国形物定数として水温と蒸発残留物 (TR ppm) より求められる。

表-1にみるように原水の溶存酸素量が著しく多い。DOは直接LIの式には含まれていないが、DO増による金属への腐食性増加作用は周知のことで、特に中性付近で著しいといわれる。ここでは遊離炭酸・DOの除去、アルカリ剤注入などとLIの関係を実験的に求めて検討したが、さらにLIと管内 $CaCO_3$ スケール形成との関係と現場テストで追跡する必要があると考えている。

2. 実験方法

遊離炭酸の減少を目的としてエアレーションを行なったが、DOが増加するのでエアレーションにかえた。アルカリ剤はpH調整、石灰スケールによる管内コーティングと安価であることを考慮して消石灰を使用した。またサラミ粉の主成分が $Ca(OH)_2$ であることからLIに対する効果も合わせて検討し、現在使用中の液体塩素と取り扱い易いサラミ粉にかえることも考えた。

1) エアレーションテスト: 透明アクリル製円筒(φ80mm×h2m)の下部よりエアポンプで送気した。円筒容量9.6ℓ, 送気量0.42 $\frac{m^3}{日}$ であった。

2) デエアレーションテスト: 浮上分離テストを吸引用に改造し、真空ポンプで吸引減圧した。

3) アルカリ剤注入テスト: 消石灰1000 ppm溶液とジャーテスト用ビーカーの検水500 mlに注入して $Ca(OH)_2$ 濃度がそれぞれ4, 6, 8, 10 ppmになるようにして、40 rpm, 20分間攪拌で行なった。

4) サラミ粉注入: 注入量は消毒に足る分量に決めた。原水の塩素要求量試験(上水試験方法, 接触時間14分)より塩素要求量は0.4 ppmであった。有効塩素濃度50%のサラミ粉を使ったのでサラミ粉の注入量は0.8 ppm必要となる。ここではあらかじめ1000 ppmのサラミ粉溶液と調整し、試験検水500 mlに対し0.4 mlの注入を行なった。

	PH	水温 ($^{\circ}C$)	DO (ppm)	硬度 (ppm)	遊離炭酸 (ppm)	Ca硬度 (ppm)	TR (ppm)	pH_s	LI
原水	7.00	17.6	9.10	400	8.4	216	101	9.12	-2.12
給水栓水	7.30	20.5	9.03	46.6	5.0	190	103	9.10	-1.80

	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
原水	0.37	不検出	不検出
給水栓水	2.72	0.27	不検出

表-1 原水と給水栓水水質

3. 実験の結果と考察

実験の目的と組みあわせは次のとおりである。

- ・ CO_2 除去 : エアレーションテスト
- ・ $\text{CO}_2 \cdot \text{DO}$ 除去 : デエアレーションテスト
- ・ アルカリ剤注入 : $\text{Ca}(\text{OH})_2$
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ + サラシ粉

エアレーションでは明らかに遊離炭酸は減少するが DO の増加が著しく、原水がすでに多量の DO を含んでいるから不適である。そこで DO を減じ、DO を減じるためにデエアレーションを行ない、DO、遊離炭酸を減じた。エアレーション、デエアレーション両者とも遊離炭酸の減少で pH は上昇するが pHs の変動は全くなく LI の変化は小さい。DO と遊離炭酸は LI に大きく影響しないことがわかった。(図1)

アルカリ剤注入による LI, pH, pHs の関係も図2に示す。図において $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 注入による結果は A で示す。LI は注入量に伴い pH の上昇とほぼ同様に増加するが 10 ppm でも (+) とならなかった。次にデエアレーション (1) 原水に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を注入した結果と C で示す。LI は $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 10 ppm で A と比較 (0.25 高い値を示すがデエアレーションにより $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 注入前にすでに LI が 0.23 増加していることによると考えられる。デエアレーションの併用はアルカリ剤注入量の軽減に役立つことがわかった。

塩素消毒に使用するサラシ粉が Ca 硬度の増加を助けるので $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と共に注入した。その結果が B である。A と比較し LI は平均 0.12 程度高い値を示すが、pHs の値は A とほぼ等しいので、LI の増加は Ca 硬度よりむしろサラシ粉の成分である $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が pH を上昇させたことによると考えれば妥当である。

LI と pH, pHs の関係をみると、pHs は式 (2) のとおり Ca 硬度と M アルカリ度の増加が負対数となり減少する。従って井水としては低い M アルカリ度 40 ppm, Ca 硬度 22 ppm である原水の各値が 5 ~ 10 ppm 程度増えても pHs は 0.05 ~ 0.1 程度減じるにすぎない。また式 (2) 中 $\text{pH}_2 - \text{pH}_1$ は全固形物定数として水温の上昇, TR の減少で小さくなり pHs は低下させるがいずれも対数的に増減するので、実際には水温, TR が多少変動しても pHs に対する影響は殆んどない。以上のことから pHs を大きく変えることはできずないので、結局 LI は pH のみで判別せざるを得ないことがわかった。

4. おわりに

ランゲリア指数を指標にして管路の防食管理を行なうために実験的考察を加えたが、M アルカリ度, Ca 硬度が低い原水では pHs が高いため、ランゲリア指数のみで水の安定性を管理するにはどうしても pHs を上げる必要があり飲料水水質基準の 8.6 を上回ってしまうことがわかった。このように pHs が 9 以上の水に対しては LI を指標にして防食管理を行なうことは困難である。しかし腐食には DO, 遊離炭酸も関係することは明らかであるから、今後は現場でエアレーション, デエアレーション, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 注入などによるスケール形成状態と pH の関係を調べるアメリカ標準試験方法によるフーボンテスト等を行ない、腐食防止法と検討する必要がある。

図1 遊離炭酸・DOの除去

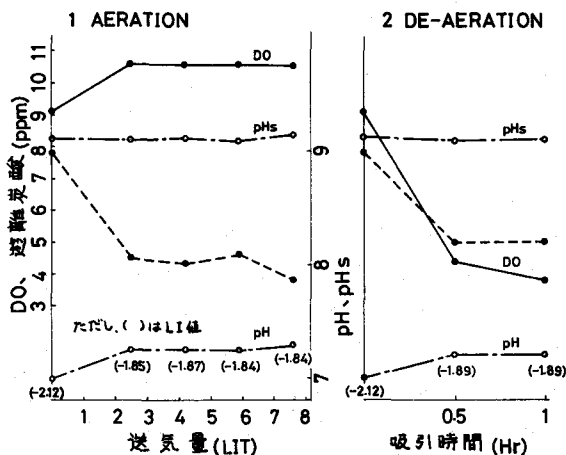


図2 アルカリ剤とLI, PH, pHsの関係

