

微酸性電解水ミストのラットに対する暴露試験

佐々木 健¹⁾*, 平久 治¹⁾, 駒形 安子¹⁾, 中村 悌一²⁾, 小宮山 寛機^{1,3)}, 山田 陽城¹⁾

¹⁾〒108-8641 東京都港区白金 5-9-1 北里大学 基礎研究所

²⁾〒228-8583 神奈川県座間市東原 5-1-83 森永乳業株式会社 食品総合研究所

³⁾〒228-0829 神奈川県相模原市北里 1-15-1 北里環境科学センター

Subacute Toxicity of Slightly Acidic Electrolyzed Water Mist in Rat

Ken Sasaki¹⁾, Osamu Hiraku¹⁾, Yasuko Komagata¹⁾, Teiichi Nakamura²⁾, Kanki Komiyama^{1,3)}, Haruki Yamada¹⁾

¹⁾Center for Basic Research, Kitasato University, Shirokane 5-9-1, Minato-ku, Tokyo, 108-8641, Japan

²⁾Food Research & Development, Morinaga Milk Industry Co., Higashihara 5-1-83, Zama, Kanagawa, 228-8583, Japan

³⁾Kitasato Research Center for Environmental Science, 1-15-1, Kitasato Sagami-hara, Kanagawa, 228-0829, Japan

Received May 15, 2009, Accepted July 2, 2009

Slightly acidic electrolyzed water has been used as disinfectant in food factories and agricultural or other applications. A large volume of sprayed acidic water generates mist suspended in the air. It is concerned whether this acidic mist affects worker's health especially their respiratory systems. In this study, we examined the safety of the acidic mist in rat. Slightly acidic electrolyzed water (ph: 6.0±0.2, available chlorine level; 54±1 ppm) was prepared by slightly acidic electrolyzed water producing device, Pure-star-Mp-240B[®] (TOWA-Techno). Female and male Wister rats (6-week old, SPF) were kept in plastic houses where either the acidic water (test group) or tap water (control group) was sprayed 5 days a week (0.1 L/hour, 6 hours/day) for 2 or 4 weeks. No changes were observed in clinical signs, weight, blood test, urine test, autopsy, organ weights and pathological test between the groups. In the group treated with acidic mist for 2 weeks, a biochemical examination revealed a significant change of inorganic phosphorus level in females and significant changes in GOT, glucose and sodium levels in males. No other abnormalities were observed. In the group treated with acidic mist for 4 weeks, slight but significant changes in blood levels of sodium and chlorine were observed. Taking into consideration the fact that no other changes in electrolytes levels were observed, these changes appeared to be inappreciable. Under the condition of this study (5 days/week for 4 weeks), slightly acidic electrolyzed water spray showed no toxicity and appeared to be safe.

Keywords: Slightly acidic electrolyzed water/safety evaluation/ sprayed with acidic mist in rat

緒言

殺菌溶液として食品添加物に指定(厚生労働省令第75号, 平成14年6月)された微酸性電解水は, 2~6%(W/W)の希塩酸を無隔膜電解槽で電気分解することにより生成され, pH5.0~6.5, 有効塩素濃度は10~30 ppmである(鈴木, 2005, a). 微酸性電解水は次亜塩素酸を含むが, 強酸性電解水と比べ溶存酸素, オゾン, 塩素酸化物などの副生成物の濃度が低いことが報告されている(鈴木, 2005, b). 微酸

性電解水の各種微生物に対する殺菌効果(中山, 2003, 岡本, 2006), 食中毒菌(鈴木, 2007)等のほか, 医療現場で問題となる病原菌およびウイルス(Shirai, 1999)に対する微酸性電解水の優れた殺菌・抗ウイルス効果が報告されている。

微酸性電解水は主として食品工場などで使用されているが, シャワー方式などで大量に使用した場合ミストとなって空气中に飛散するので, 工場従事者の安全性, 特に呼吸器系への影響が危惧される。さらに植物病原菌に対して殺菌効果を示すことから, 感染予防液として野菜などへの散布が試みられている(津野, 2007)。そこで今回は微酸性電解水ミストの安全性についてラットを用いて調べたので報告する。

*Correspondence author: 佐々木 健
〒108-8641 東京都港区白金 5-9-1
北里大学 基礎研究所
Tel: 03-5791-6356, Fax: 03-5791-6357
E-mail: sasaki-k@insti.kitasato-u.ac.jp

実験材料および方法

1. 被験物質及び対照物質

微酸性電解水生成装置ピュアスターMp-240B(トワテックノ株式会社製)を用いて pH6.0±0.2, 有効塩素濃度 54±1 ppm の電解水を生成し試験に供した. 対照物質として水道水を用いた.

2. 試験動物および動物飼育

動物は, Wistar 系ラット(6 週齢, SPF)を日本エスエルシー株式会社より入手し, 1 週間検疫も兼ねて順化飼育した後, 試験に供した. 各群の動物数は, 微酸性電解水噴霧群では雌 12 匹, 雄 12 匹, 水道水噴霧群では雌 12 匹, 雄 12 匹を設定した. 試験開始前日に無作為抽出法にて群分けを行い, 固体識別はピクリン酸を使用した. 動物の飼育は照明時間 12 時間(8:00~20:00)に設定し, 温度 23±2°C, 相対湿度 55±15%に保たれた飼育室を使用した. 動物は PS ケージ(276x445x204mm)で飼育し, ケージ当たり 3 匹収容した. 飼料は高圧蒸気滅菌した固形飼料(CE-2 日本クレア株式会社製)を自由摂取させ, 水は高圧蒸気滅菌した水道水を給水瓶により自由飲水させた. なお, 飼育及び動物実験は「北里大学における動物実験等に関する規定」に従って実施した.

3. 実験方法

換気ファンを取り付けたビニールハウス(130cm x140cmx200cm)を飼育室内に 2 つ作成した. その中の床にラットの入ったケージを配置して飼育し, 「超音波霧化器 UD-201Ti」(エコーテック株式会社)をビニールハウス中央上部に配置し, 微酸性電解水ミスト又は水道水ミストを噴霧した. 各ビニールハウスの床中央にヨウ化カリウム澱粉紙(アドバンテック東洋株式会社)を置き, 微酸性電解水が正しく噴霧されているかを確認した. 暴露時間は OECD412(2000)のガイドラインに準じて行い, 微酸性電解水および陰性対照物質である水道水をそれぞれのビニールハウスで週 5 日(6 時間/日 0.1L/h), 2 及び 4 週間噴霧した. 設置した換気ファンにより換気(10 分 on, 20 分 off の連続)をし, ビニールハウス内の湿度を 60~90%に調節し, 超音波霧化器 UD-201Ti(エコーテック株式会社)により噴霧した.

4. 観察および検査方法

一般状態の観察は毎日行い, 体重測定を週 2 回測定した. 噴霧 2 及び 4 週間後に採尿後麻酔下にて腹部大動脈より採血, 解剖し, 各臓器の肉眼的観察を行い, 各臓器を摘出し臓器重量を測定した. その後, 血液検査, 生化学的検査, 尿検査及び病理組織学的検査を行った.

5. 血液学的検査及び生化学的検査

採血した血液の一部は白血球(WBC), 赤血球(RBC), 血色素量(Hb), ヘマトクリット値(Hct), 血小板(PLT), 平均赤血球容積(MCV), 平均赤血球血色素量(MCH), 平均赤血球血色素量濃度(MCHC), 比重を, 残りの血液から血清を

分離して生化学的検査即ち総蛋白(TP), アルブミン(ALB), A/G, GOT, GPT, ALP, LAP, クレアチニン(Crea), 尿素窒素(BUN), 血清血糖(Glu), 総脂質(T-Lipid), 中性脂肪(TG), リン脂質(PL), 総コレステロール(T-cho), ナトリウム(Na), カリウム(K), クロール(Cl), マグネシウム(Mg), カルシウム(Ca), 無機リン(IP)の測定を三菱化学メディエンス株式会社に依頼した.

6. 病理組織学的検査

2 週間噴霧群の肺, 気管, 皮膚, 鼻腔を摘出しホルマリン固定を行った. 角膜, 結膜は Davidoson 液で固定した. 4 週間噴霧群の肺, 気管, 皮膚, 鼻腔, 肝臓, 脾臓, 腎臓, 食道, 胃, 小腸, 大腸, 膵臓, 副腎, 甲状腺, 下垂体, 大脳, 小脳, 延髄, 卵巣, 子宮, 精巣を摘出し, ホルマリン固定を行った. 角膜, 結膜は Davidoson 液で固定した. これらの臓器は株式会社富士バイオメディックスに検査を依頼した.

7. 尿検査

尿検査用のプレテスト(和光純薬工業株式会社)を用いてウロビリノーゲン, 潜血, ビリルビン酸, ケトン体, ブドウ糖, 蛋白, pH, 比重, 亜硝酸塩, 白血球を検査した.

結果

1. 一般状態の変化

試験期間を通して斃死例は認められず, 立毛, 下痢, 痙攣, 振せん, 流涙, 呼吸困難等は観察されず, 一般状態に何ら変化は認められなかった.

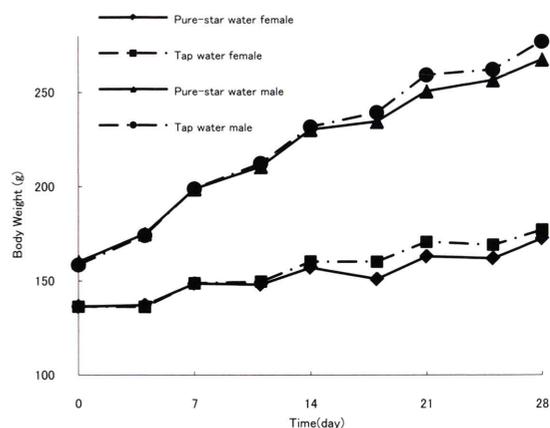
2. 体重変化(Fig.1)

2 週間噴霧では雌雄とも 14 日後まで原水と比較して, 有意差が認められなかった. 4 週間噴霧でも雌雄ともに有意差は認められなかった.

3. 臓器重量(Table 1&2)

2 週間噴霧では雌雄とも何れの臓器でも原水と比較して有意差が認められなかった. 4 週間噴霧では雌雄とも有意差が認められなかった.

Fig.1 Body weight changes in rats treated with Pure-ster water mist and tap water mist for 4weeks



4. 血液検査(Table 3&4)

2週間噴霧では雌で何れも有意差は認められなかった。雄ではヘマトクリット値(Hct), 血小板(PLT), 平均赤血球容積(MCV), 平均赤血球血色素量(MCH)で原水に比して有意に減少した。4週間噴霧では雌雄ともこれらの検査項目を含めて何れの項目でも有意差が認められなかった。

5. 生化学的検査(Table 5&6)

有意差の見られた観察項目としては4週間噴霧で雌ではクレアチニン(Crea), カリウム(K), クロール(Cl)に差が認められた。

6. 尿検査(Table 7)

2及び4週間噴霧とも雌雄に於いて何れの検査も差がな

かった。

7. 病理組織学的検査(Table 8&9)

剖検の肉眼的観察では4週間原水噴霧の雌1例で子宮の先端に水腫が観察されたが、その他の群では変化が認められなかった。2週間噴霧では顕微鏡学的観察では、鼻腔において呼吸上皮下における好中球, 単核細胞を主体とした炎症細胞浸潤が原水噴霧群の雌1例で認められた。4週間噴霧ではピュアスター水噴霧群の雌1例で皮下に炎症細胞浸潤並びに筋層における筋変性が認められた。これら2例の変化はいずれも軽度であった。その他の臓器に於いて2及び4週間噴霧とも雌雄の何れでも著変は認められなかった。

Table 1 Absolute organ weight in rats treated with Pure-star water mist and tap water mist for 2 and 4 weeks

Organs	2weeks				4weeks			
	female		male		female		male	
	tap water	Pure-star						
Liver	4.274 ± 0.231	4.271 ± 0.327	7.131 ± 0.195	7.195 ± 0.669	4.655 ± 0.533	4.291 ± 0.158	8.155 ± 0.648	7.579 ± 0.506
Kidney	1.189 ± 0.115	1.152 ± 0.084	1.706 ± 0.098	1.673 ± 0.116	1.284 ± 0.138	1.220 ± 0.099	1.860 ± 0.096	1.797 ± 0.077
Spleen	0.400 ± 0.038	0.368 ± 0.035	0.529 ± 0.025	0.538 ± 0.034	0.412 ± 0.032	0.418 ± 0.051	0.548 ± 0.046	0.522 ± 0.029
Ovarian・Testis	0.091 ± 0.016	0.093 ± 0.011	2.562 ± 0.200	2.516 ± 0.127	0.103 ± 0.017	0.099 ± 0.013	2.801 ± 0.088	2.679 ± 0.130
Lung	0.687 ± 0.065	0.665 ± 0.039	0.893 ± 0.026	0.854 ± 0.045	0.727 ± 0.051	0.726 ± 0.030	0.910 ± 0.058	0.850 ± 0.026*

*P<0.05 Significant from saline

Mean±SD

Table 2 Relative organ weight in rats treated with Pure-star water mist and tap water mist for 2 and 4 weeks

Organs	2weeks				4weeks			
	female		male		female		male	
	tap water	Pure-star						
Body weight	157.7 ± 8.00	158.1 ± 5.63	230.4 ± 9.53	230.8 ± 16.46	177.1 ± 7.10	172.4 ± 4.77	277.0 ± 9.52	267.5 ± 12.96*
Liver	2.710 ± 0.115	2.699 ± 0.126	3.097 ± 0.098	3.114 ± 0.109	2.623 ± 0.122	2.490 ± 0.112	2.944 ± 0.173	2.831 ± 0.117
Kidney	0.753 ± 0.052	0.729 ± 0.044	0.741 ± 0.053	0.725 ± 0.021	0.724 ± 0.034	0.707 ± 0.048	0.671 ± 0.022	0.672 ± 0.016
Spleen	0.253 ± 0.023	0.233 ± 0.022	0.230 ± 0.007	0.233 ± 0.006	0.233 ± 0.008	0.242 ± 0.026	0.198 ± 0.012	0.195 ± 0.012
Ovarian・Testis	0.057 ± 0.008	0.059 ± 0.007	1.111 ± 0.062	1.092 ± 0.043	0.060 ± 0.009	0.057 ± 0.006	1.013 ± 0.061	1.002 ± 0.056
Lung	0.435 ± 0.025	0.424 ± 0.023	0.388 ± 0.016	0.371 ± 0.016	0.411 ± 0.025	0.421 ± 0.011	0.328 ± 0.014	0.318 ± 0.008*

*P<0.05 Significant from saline

Mean±SD

Table 3 Hematological findings in rats treated with Pure-star water mist and tap water mist for 2weeks

Parameter	female		male	
	Pure-star	tap water	Pure-star	tap water
WBC(/µl)	6600 ± 1781	5917 ± 1019	7333 ± 1100	6517 ± 1221
RBC(×10 ⁴ /µl)	889 ± 34.5	884 ± 21.6	873 ± 10.6	838 ± 44.0
Hgb(g/dl)	16.5 ± 0.48	16.15 ± 0.29	15.9 ± 0.34	16.2 ± 0.35
Hct(%)	52.8 ± 1.73	52.6 ± 1.40	51.1 ± 0.83*	52.2 ± 0.52
PLT(×10 ⁴ /µl)	57.2 ± 8.72	62.1 ± 5.05	75.0 ± 8.03*	84.9 ± 14.05
MCV(fl)	59.5 ± 0.84	59.7 ± 2.16	59.0 ± 0.55*	62.5 ± 3.21
MCH(pg)	18.5 ± 0.34	18.3 ± 0.54	18.2 ± 0.40*	19.4 ± 0.86
MCHC(%)	31.2 ± 0.38	30.8 ± 0.37	31.1 ± 0.64	31.1 ± 0.48
Specific gravity	1.062 ± 0.0013	1.062 ± 0.0012	1.061 ± 0.0004	1.061 ± 0.0004

*P<0.05 Significant from saline

Mean±SD

Table 4 Hematological findings in rats treated with Pure-star water mist and tap water mist for 4weeks

Parameter	female		male	
	Pure-star	tap water	Pure-star	tap water
WBC(/µl)	5700 ± 576	6000 ± 872	7250 ± 1237	7333 ± 1331
RBC(×10 ⁴ /µl)	914 ± 25.1	905 ± 20.9	957 ± 23.8	945 ± 23.7
Hgb(g/dl)	16.6 ± 0.37	16.5 ± 0.20	17.1 ± 0.49	16.7 ± 0.33
Hct(%)	52.7 ± 0.96	53.2 ± 1.14	52.2 ± 0.77	51.5 ± 1.46
PLT(×10 ⁴ /µl)	58.9 ± 4.42	56.7 ± 1.68	62.2 ± 4.24	68.2 ± 7.87
MCV(fl)	58 ± 1.60	59 ± 0.98	55 ± 1.03	55 ± 1.52
MCH(pg)	18.1 ± 0.23	18.2 ± 0.35	17.9 ± 0.29	17.6 ± 0.19
MCHC(%)	31.5 ± 0.52	31.1 ± 0.61	32.8 ± 0.68	32.4 ± 0.75
Specific gravity	1.062 ± 0.0008	1.062 ± 0.0012	1.061 ± 0.0005	1.061 ± 0.0011

Mean±SD

Table 5 Blood chemistry examinations in rats treated with Pure-star water mist and tap water mist for 2weeks

Parameter	female		male	
	Pure-star	tap water	Pure-star	tap water
T-Protein(g/dl)	5.9 ± 0.13	5.8 ± 0.13	6.0 ± 0.16	6.0 ± 0.16
Albumin(g/dl)	4.4 ± 0.16	4.3 ± 0.12	4.5 ± 0.10	4.5 ± 0.08
A/G	3.1 ± 0.43	2.9 ± 0.28	2.9 ± 0.12	2.8 ± 0.30
AST(IU/l)	123 ± 25.8	127 ± 21.7	130 ± 29.0	152 ± 33.4
ALT(IU/l)	48 ± 7.1	49 ± 9.6	65 ± 14.9	59 ± 5.9
ALP(IU/l)	639 ± 49.0	635 ± 89.6	1037 ± 85.8	1102 ± 128.0
LAP(IU/l)	68 ± 4.8	69 ± 2.3	71 ± 2.3	72 ± 2.5
CRE(mg/dl)	0.23 ± 0.02	0.24 ± 0.04	0.22 ± 0.01	0.22 ± 0.023
BUN(mg/dl)	17 ± 2.6	16 ± 2.6	18 ± 2.2	18 ± 2.2
GLU(mg/dl)	123 ± 8.8	121 ± 13.9	150 ± 18.6	142 ± 16.5
Total lipid (mg/dl)	256 ± 23.2	238 ± 21.2	196 ± 20.2	186 ± 27.6
TG(mg/dl)	20 ± 3.3	17 ± 5.7	38 ± 9.9	35 ± 14.2
Phospholipid(mg/dl)	134 ± 15.2	125 ± 9.7	89 ± 7.5	85 ± 8.9
T-Cho(mg/dl)	67 ± 7.8	64 ± 6.6	46 ± 4.4	44 ± 3.9
Na(mEq/l)	142 ± 1.2	143 ± 1.2	142 ± 1.0	144 ± 1.7
K(mEq/l)	5.0 ± 0.33	4.7 ± 0.31	5.4 ± 0.45	5.2 ± 0.20
Cl(mmol/dl)	103 ± 1.4	103 ± 2.2	100 ± 0.89	100 ± 1.2
Mg(mg/dl)	2.2 ± 0.12	2.3 ± 0.12	2.2 ± 0.05	2.3 ± 0.16
Ca(mg/dl)	10.1 ± 0.32	10.0 ± 0.37	10.6 ± 0.36	10.5 ± 0.22
IP(mg/dl)	7.4 ± 0.75	7.9 ± 0.82	9.1 ± 0.38	9.1 ± 0.47

Mean±SD

Table 6 Blood chemistry examinations in rats treated with Pure-star water mist and tap water mist for 4weeks

Parameters	female		male	
	Pure-star	tap water	Pure-star	tap water
T-Protein(g/dl)	5.9 ± 0.08	5.9 ± 0.32	6.22 ± 0.16	6.3 ± 0.23
Albumin(g/dl)	4.4 ± 0.12	4.5 ± 0.24	4.5 ± 0.10	4.5 ± 0.15
A/G	3.0 ± 0.21	3.13 ± 0.21	2.7 ± 0.16	2.6 ± 0.18
AST(IU/l)	150 ± 18.4	168 ± 44.5	188 ± 86.9	199 ± 33.2
ALT(IU/l)	56 ± 9.9	63 ± 10.6	66 ± 19.0	64 ± 7.5
ALP(IU/l)	504 ± 98.8	503 ± 36.2	681 ± 85.6	733 ± 22.2
LAP(IU/l)	68 ± 2.6	67 ± 5.9	64 ± 2.8	65 ± 3.2
CRE(mg/dl)	0.22 ± 0.015	0.26 ± 0.028*	0.24 ± 0.033	0.26 ± 0.037
BUN(mg/dl)	16 ± 1.8	16 ± 1.7	18 ± 2.9	17 ± 0.89
GLU(mg/dl)	120 ± 15.7	113 ± 20.0	150 ± 22.4	150 ± 18.1
Total lipid (mg/dl)	252 ± 34.5	248 ± 62.5	219 ± 30.3	231 ± 47.2
TG(mg/dl)	16 ± 4.8	21 ± 9.6	50 ± 14.4	62 ± 29.9
Phospholipid(mg/dl)	132 ± 17.9	127 ± 31.4	94 ± 9.5	95 ± 12.3
T-Cho(mg/dl)	69 ± 8.9	67 ± 16.4	50 ± 5.6	49 ± 6.0
Na(mEq/l)	141 ± 1.6	141 ± 1.5	142 ± 2.2	142 ± 1.9
K(mEq/l)	5.1 ± 0.23	4.4 ± 0.36*	4.7 ± 0.35	4.9 ± 0.47
Cl(mmol/dl)	102 ± 1.0	100 ± 1.3*	99 ± 1.6	98 ± 1.0
Mg(mg/dl)	2.3 ± 0.14	2.3 ± 0.20	2.3 ± 0.21	2.3 ± 0.14
Ca(mg/dl)	10.1 ± 0.23	10.2 ± 0.38	10.6 ± 0.219	10.4 ± 0.33
IP(mg/dl)	7.5 ± 0.73	7.3 ± 0.71	8.7 ± 0.43	8.5 ± 0.46

*P<0.05 Significant from saline

Mean±SD

Table 7 Urinalysis in rats treated with Pure-star water mist and tap water mist for 2 and 4 weeks

Parameters		2weeks				4weeks			
		female		male		female		male	
		tap water	Pure-star						
Urobilinogen	1mg/dl	3	5	3	3	4	3	2	2
	4mg/dl	3	1	3	3	2	3	4	4
Occult Blood	-	6	6	3	4	6	6	5	4
	+	0	0	3	1	0	0	1	2
	++	0	0	0	1	0	0	0	0
Bilirubin	-	3	3	2	3	6	6	6	6
	+	3	3	4	3	0	0	0	0
Ketone Body	+	6	6	5	5	6	6	6	5
	++	0	0	1	1	0	0	0	1
Glucose	-	6	6	6	6	6	6	6	6
Protain	±	1	2	0	0	2	3	0	0
	+	4	3	2	2	4	2	3	3
	++	1	1	4	4	0	1	3	3
pH	5	1	1	3	3	3	3	1	1
	6	5	5	3	3	3	3	5	5
Specific Gravity	1.005	0	0	0	0	0	2	0	0
	1.015	1	0	0	0	0	0	1	0
	1.020	0	1	0	0	1	0	0	0
	1.025	2	2	0	0	0	0	1	0
	1.030	1	0	0	0	0	0	0	0
	1.035	1	2	2	0	2	1	0	2
Nitrite	-	5	6	6	5	6	6	6	6
	+	1	0	0	1	0	0	0	0
WBC	-	6	5	0	1	6	6	4	2
	+	0	1	6	5	0	0	2	4

Table 8 Histopathological findings in rats treated with Pure-star water mist and tap water mist for 2weeks

Organs	2weeks				4weeks			
	female		male		female		male	
	tap water	Pure-star						
Cornea	0	0	0	0	0	0	0	0
Conjunctiva	0	0	0	0	0	0	0	0
Lung	0	0	0	0	0	0	0	0
Trachea	0	0	0	0	0	0	0	0
Skin	0	0	0	0	0	+, 1/6	0	0
Skin(Myolysis)	0	0	0	0	0	+, 1/6	0	0
Nasal cavity	+, 1/6	0	0	0	0	0	0	0

Grade: 0: No change, ±: Very slight, +: Slight, ++: Moderate, +++: Marked, P: Present changed organ / n

Table 9 Histopathological findings in rats treated with Pure-star water mist and tap water mist for 4weeks

Organs	female		male	
	tap water	Pure-star	tap water	Pure-star
	Liver	0	0	0
Spleen	0	0	0	0
Kidney	0	0	0	0
Stomach	0	0	0	0
Small intestine	0	0	0	0
Large intestine	0	0	0	0
Pancreas	0	0	0	0
Adrenal	0	0	0	0
Pituitary	0	0	0	0
Cerebrum	0	0	0	0
Cerebellum	0	0	0	0
Mebulla oblongata	0	0	0	0
Ovary	0	0	0	0
Uterus	0	0	0	0
Testis	0	0	0	0

Grade: 0: No change, ±: Very slight, +: Slight, ++: Moderate, +++: Marked, P: Present changed organ / n

考察

次亜塩素酸ナトリウム溶液(経口投与)の毒性(F.Racioppi, 1994)および塩素ガス(吸入)の毒性(Winder,2001)について過去に様々な報告がなされているが、次亜塩素酸ナトリウム溶液のミストに関する安全性については不明である。今回対象とした微酸性電解水は希塩酸を電解して生成された HClO を主成分とする水溶液であり、ミストにした場合微細な水滴だけではなく塩素ガスとしても存在すると考えられる。塩素ガス吸入による障害としては呼吸器系(鼻腔, 気管, 気管支, 肺胞)がヒトおよび動物では共通している。ヒトの呼吸器系障害は軽度の場合、機能はほぼ完全に回復する(Evans,2005)。次亜塩素酸ナトリウム溶液の長期経口投与では実験動物で甲状腺の病理組織学的変性、赤血球及びヘマトクリット値の減少、免疫抑制等が認められている(McCauley,1995)。

今回微酸性電解水ミストの安全性を評価するために、自作の装置を考案して行った。微酸性電解水をチャンパー内に絶えず噴霧すると湿度が 100%になる。そこで、湿度が 100%にならないよう自動的に換気されるように設定したので、換気中は一時的にミスト濃度が低下した。ラットのチャンパー内の設置場所は、塩素ガスの比重が空気より重いことと比較的滴の大きいミストが落下すると考えられたので床面に設置した。ミストにする前の微酸性電解水の塩素濃度は食品工場などで微酸性電解水を使用する場合、通常 10~30 ppm で使用されるが、今回は安全性試験のた

め、54 ppm を用いた。投与期間はガイドラインである OECD412(化学物質反復吸入試験)に準拠して2および4週間を設定した。噴霧試験中にチャンパー内空気中の塩素濃度を JIS 規格(JIS K 0106)の排ガス中の塩素濃度測定法に従って測定したが、検出限界以下であった。従って、明らかに塩素臭は感じられたものの、空気中の濃度は測定可能な範囲(0.08ppm)以下であった。

2週間噴霧の雄では Hct,MCV,MCH 及び PTL で水道水に比べて有意差が認められたが、赤血球数では有意差がなく、さらには 4 週間噴霧後では雌雄共に水道水噴霧と比べて変化が見られなかったことから、生理的範囲内であると考えられる。生化学的検査では 2 週間噴霧後の雌雄共に水道水と比べて有意差が認められなかった。4 週間噴霧後の雌でクレアチニン(Crea), カリウム(K), クロール(Cl)で有意差が認められたが、その他の関連した腎機能及び電解質に有意差が認められないことから、特に問題はないものと思われた。

微酸性電解水はヒトの手指皮膚あるいは各種試験管内および動物試験などで安全性は認められており、食品添加物として認可されパブリック式の野菜洗浄機を利用した食材の殺菌や食品工場における製造設備の衛生管理および床・壁の洗浄すぎ水としての利用など幅広く使用されている。現在までに問題となる障害は報告されておらず、また本稿で示した様にラットを対象としたミストの 4 週間の噴霧試験でも特記すべき変化は見られなかった。食品分野以外では農業分野での利用が検討されている。例えば、微酸性電解水の散布は施設栽培のイチゴ、トマト、キュウリ、路地栽培ナシに対して植物病害抑制に有効であることが示唆されている(津野, 2004)。特に、温室内の散布は病気予防のために減農薬栽培の手段として応用価値が高い。さらに河川あるいは土壌などに流れ出しても有機物に触れると容易に中和されることから、農薬よりもヒトだけではなく環境生物などに対しても安全性は高い。さらに、冬季に空気の乾燥による呼吸器機能低下を予防するために加湿器が使用されているが、超音波式加湿器では水容器内の微生物の増殖が問題となっているので(Kane,1993, Anderson,2007), これを予防するために水の代わりに低濃度(10 ppm 程度)の微酸性電解水の使用は有用であろう。

今回の試験では通常の使用濃度(農業ならびに食品工場)

の2~3程度の濃度をミストとして作用させた。また作業中に最も暴露されると思われる農業では1日あたり3時間程度の散布時間を考えているので6時間は想定の2倍である。さらに1週間に5日、4週間連続で行ったが毒性症状は見られなかった。しかし、一般的にラットとヒトでの種差は約10倍の開きがあると考えられていることから、安全性を考慮して電解水の使用時には通常の農薬散布で用いるマスクを使用するなど吸入量を減らす必要がある。

以上示したように、ピュアスター水を本条件下で4週間噴霧しても(5日/週)特に生体に影響を及ぼさず、眼粘膜刺激性試験でも影響は見られてはいないが、噴出口で大量のミストに暴露されたような場合は水道水などで眼を洗う事と、狭い温室で長時間の作業などによる過剰なミストの暴露が考えられる場合は、マスクの装着あるいは換気の必要性があろう。

従来の消毒薬に比べて人体への安全性だけでなく、自然界に放出した場合は自然界の有機物(水中の有機物、土壌など)によって容易に中和されるので自然界への影響はほとんど考えられないが、例えあったとしても極めて軽微であろう。農薬の代替あるいは農薬との併用により減農薬が期待できる。

参考文献

- Anderson WB, George Dixon D., Mayfield CI. (2007): Estimation of endotoxin inhalation from shower and humidifier exposure reveals potential risk to human health. *J Water health.* (4), 553-572
- Evans RB., (2005): Chlorine:state of the art,*Lung*,183, (3), 151-167
- F.Racioppi, P.A.Daskalepos, N.Besbelli, A.Borges, C.Deraemaeker, S.I.Magalini, R.Martin-ez Arrieta, C.Pulce, M.L.Ruggerrone and P.Vlachos, (1994): Household bleaches based on sodium hypochlorite: Review of acute toxicology and poison control center experience. *Human safety of hypochlorite bleach*, 32. (9), 845-861
- Junsuke SHIRAI, Toru KANNO, Yoshinori TSUCHIYA, Satoru MITSUBAYASHI and Reiji SEKI(1999), Effect of Chloride, Iodine, and Quaternary Ammonium Compound Disinfectants on Several Exotic Disease Viruses. *Virology* 262 85-92 (1999)
- Kane GC, Marx JJ, Prince DS. (1993):Hypersensitivity pneumonitis secondary to *Klebsiella oxytoca*. A new cause of humidifier lung. *Chest.* (2),627-629
- McCauley PT., Robinson M.,Daniel FB.,Olson GR., (1995) : The effects of subchuideline (phase 2), rationale for the investigation, and descriponic chlorate exposure in Sprague-Dawley rats. *Drug Chem Toxicol.*18, (2-3), 185-199
- 中山素一, 藤本章人, 樋口彰, 渡辺誠, 飯尾雅嘉, 宮本敬久, (2003):微酸性次亜塩素酸水の *Bacillus* 属細菌芽胞および乳酸菌に対する効果と特性, *防菌防黴*, 31, (8), 421-425
- OECD412.(2000) OECD protocol for investigating the efficacy of the enhanced TG407 test gtion of the protocol, OECD,Paris
- 岡本公彰, 駒形安子, 奥田舜治, 西本右子, 鴨志田真弓, 中村悌一, 小宮山寛機, (2006):塩酸を原料にした微酸性電解水の殺菌効果とその特性, *防菌防黴*, 34, 3-10
- 鈴木潔, 中村悌一, 鴨志田真弓, 浅野祐三, 富田守, (2007):塩酸を原料にして製造した微酸性電解水による大腸菌の殺菌メカニズムについて, *防菌防黴*, 3, 131-137
- 鈴木潔, 中村悌一, 小久保貞之, 富田守, (2005):塩酸を原料にした微酸性電解水の物理学的性質, *防菌防黴*, 33, (2), 55-62,a
- 鈴木潔, 中村悌一, 小久保貞之, 富田守, (2005):塩酸を原料にした微酸性電解水の化学的性質, *防菌防黴*, 33, (2), 63-71,b
- 津野和宣, (2007):微酸性電解水による植物病害の抑制, *農業および園芸*, 82, 9, 998-1004
- 津野和宣, 波平陽一郎, 中村悌一(2004):微酸性電解水の各種植物病原菌に対する抗菌作用と植物病害抑制効果. 平成16年度日本植物病理学会大会講演要旨
- Winder C.,(2001): The toxicology of chlorine,*Environ research*,85,(2),105-11