

(3) 横河電機-2

前記の測定器と同一機種による計測結果であり,下記の図3-5に示すとおりよく類似した測定結果が得られた。

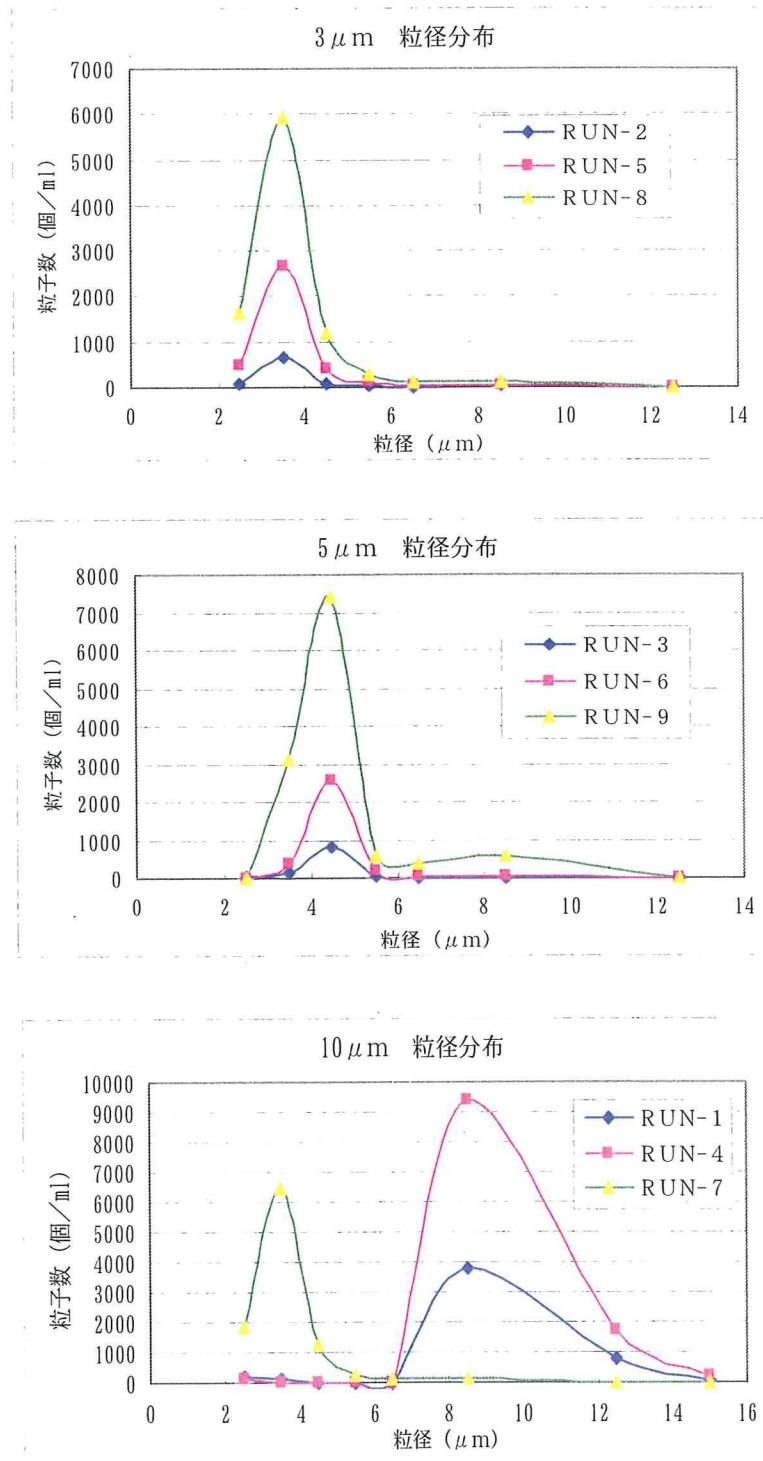


図3-5 横河電機-2 標準粒子の粒径分布

(4) 島津製作所

粒径の分布としては、RUN-2を除いて、標準試料の傾向が現れた結果となった。

粒子数については、RUN-1は実際の粒子数の3倍程度、RUN-2はデータが検出できず、RUN-3, 5, 6, 8, 9は1/3~1/5程度、RUN-4, 7は7~8割程度となっている。

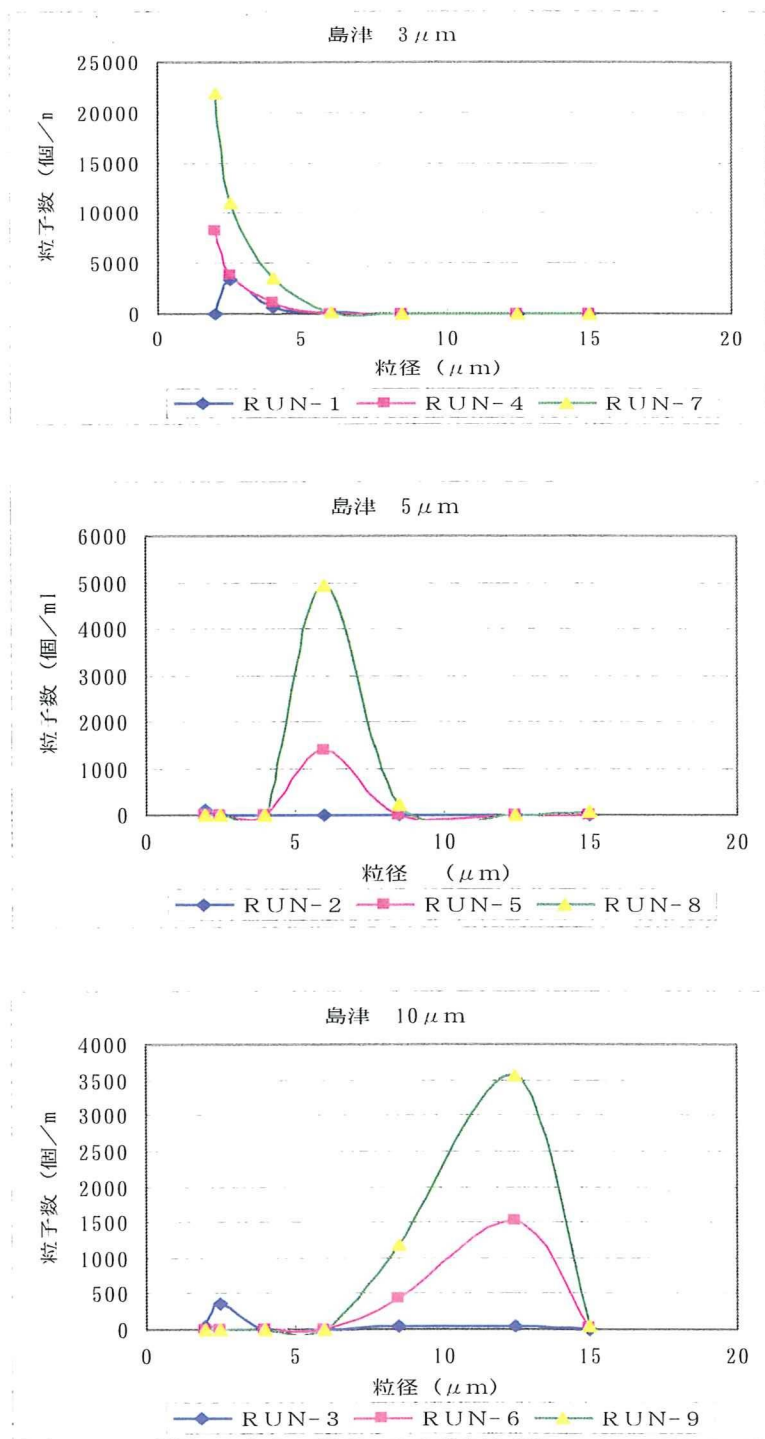


図3-6 島津製作所 標準粒子の粒径分布

(5) 富士電機

粒径の分布としては、RUN-2, 5 を除いて標準試料の傾向に合致する結果となった。RUN-1と2, RUN-4と5, RUN-7と8といった粒径 $3\mu\text{m}$ と $5\mu\text{m}$ のデータ同士が入れ替わっているような印象を受けるが、 $5\mu\text{m}$ の粒子が $1\sim 3\mu\text{m}$ で計測されていると考えられる。このように粒径のレンジをスライドしてカウントすることが、各社の計測機器で確認されている。

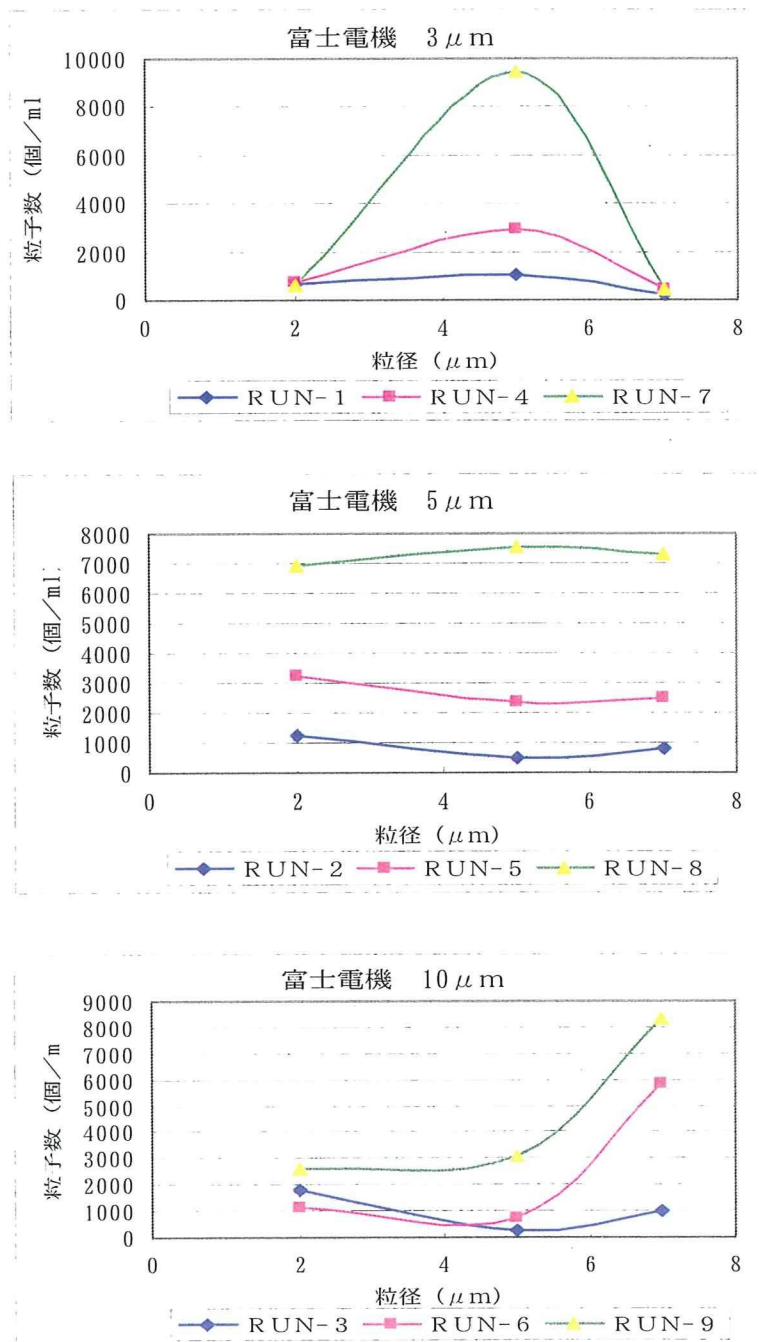


図3-7 富士電機 標準粒子の粒径分布

3-6 各社の計測機器による測定結果のまとめ

各社の粒子計測機器による標準粒子の粒径別測定結果のまとめ及び添加粒子数に対する計測粒子数の比較は下記に示すとおりである。

(1) 3 μ m粒子について

3 μ m粒子試料の測定結果については以下のとおりである。

Met-one は粒子数 1,000, 5,000, 15,000 個/mL において 3~5 μ m のレンジにピークが現れた。

ZYU は粒子数 1,000, 5,000, 15,000 個/mL において 3~7 μ m のレンジにピークが現れた。

WP402g は粒子数 1,000, 5,000 個/mL において 25~50 μ m のレンジに、15,000 個/mL において 5~8 μ m のレンジにピークが現れた。

LATS-1 は粒子数 1,000 個/mL において 2~3 μ m のレンジに、粒子数 5,000 個/mL において <2 μ m のレンジに、粒子数 15,000 個/mL において <2 μ m のレンジにピークが現れた。

3 μ m の試験区では、LATS-1 の計測値が最も高く、直線性も優れているが添加濃度に対して約 2 倍の測定値が計測されている。

WP402G は 2 台とも同様の傾向を示しており、測定値は添加濃度の約 50% 程度であった。Met-one と ZYU は計測値が低く添加濃度の 10% 以下であった。

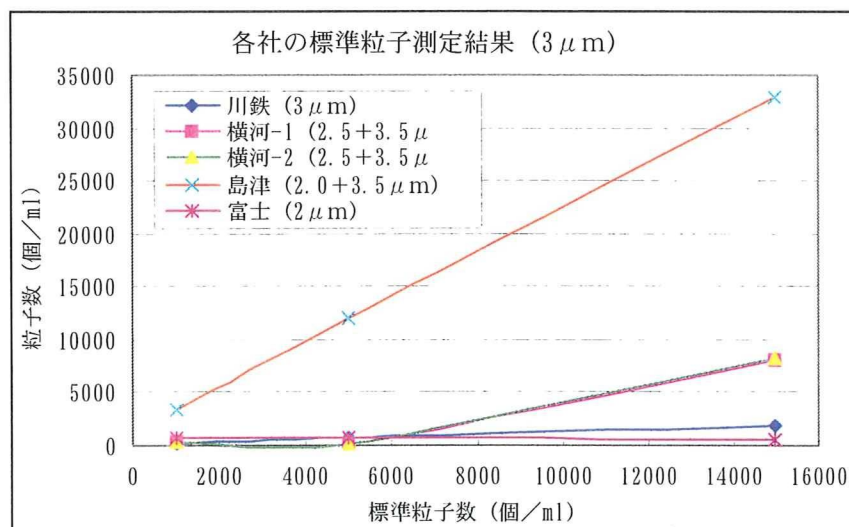


図 3-8 各社の粒径別標準粒子測定結果の比較 (3 μ m)

(2) 5 μ m粒子について

5 μ m粒子試料の測定結果については以下のとおりである。

Met-one は粒子数 1, 00, 5, 000, 15, 000 個/mL において 3~5 μ m のレンジにピークが現れた。

ZYU は粒子数 1, 000, 5, 000 個/mL において 1~3 μ m のレンジにピークが現れ、粒子数 15, 000 個/mL において 3~7 μ m のレンジの粒子数が最も多かったが、あまり差が現れなかった。

WP402G は粒子数 1, 000, 5, 000, 15, 000 個/mL においてピークが 5~8 μ m のレンジに現れている。

LATS-1 は粒子数 1, 000 個/mL において <2 μ m のレンジに、粒子数 5, 000, 15, 000 個/mL において 5~7 μ m のレンジにピークが現れた。

5 μ m の試験区では、各社共に優れた直線性が認められており、特に Met-one については添加濃度に対し、75~100% と最も高い計測結果が得られている。

LATS-1 や ZYU については添加濃度の 50% 程度の粒子数で直線性が認められているが、WP402G では約 10% 程度の計測結果しか得られなかった。

WP402G は 3 μ m 程度の粒子で粒子数が 5, 000 個/mL 以下程度になるとピーク位置が大きすぎるようである。また、5, 10 μ m 粒子については粒径を小さく捉える傾向がある。

LATS-1 は粒子数が 1, 000 個/mL 以下ではピークを検出できないようである。しかし、5, 000 個/mL 以上の粒子数については適切にピークを捉えている。

ZYU は、チャンネルが少なく傾向を捉えにくいだが、粒子数 1, 000 個/mL 程度では 5, 10 μ m 粒子のピーク位置が 1~3 μ m にずれるようである。また、3 μ m 粒子の検出が比較的高かった。また全般的にみて、粒径が大きく、粒子数が多いほどピークを検出しやすい傾向が認められた。

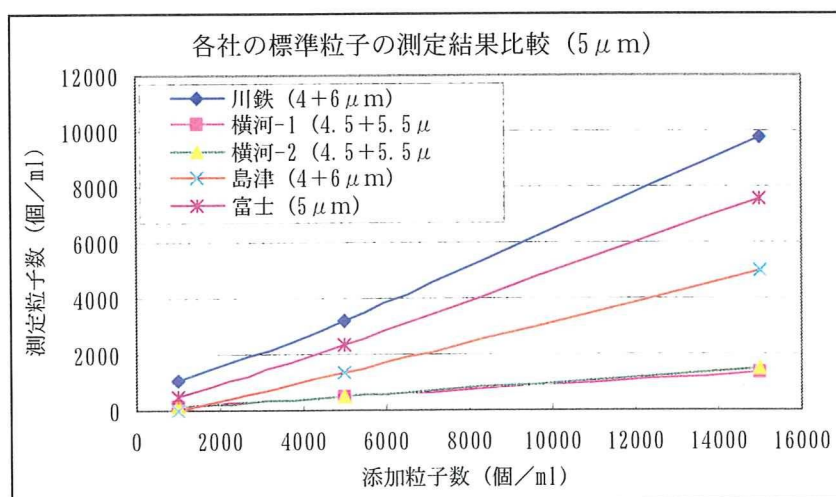


図 3-9 各社の粒径別標準粒子測定結果の比較 (5 μ m)

(3) 10 μm 粒子について

10 μm 粒子試料の測定結果については以下のとおりである。

Met-one は粒子数 1, 00, 5, 000, 15, 000 個/mL において 7~10 μm のレンジにピークが現れた。

ZYU は粒子数 1, 000, 5, 000 個/mL において 1~3 μm のレンジに, 15, 000 個/mL において >7 μm のレンジにピークが現れた。

WP402G は粒子数 1, 00, 5, 000, 15, 000 個/mL において 8~10 μm のレンジにピークが現れた。しかし, 5~8 μm のレンジにも 8~10 μm のレンジの粒子数に近い値を検知した。

LATS-1 は粒子数 1, 000 個/mL において 2~3 μm のレンジに, 粒子数 5, 000, 15, 000 個/mL において 10~15 μm のレンジにピークが現れた。

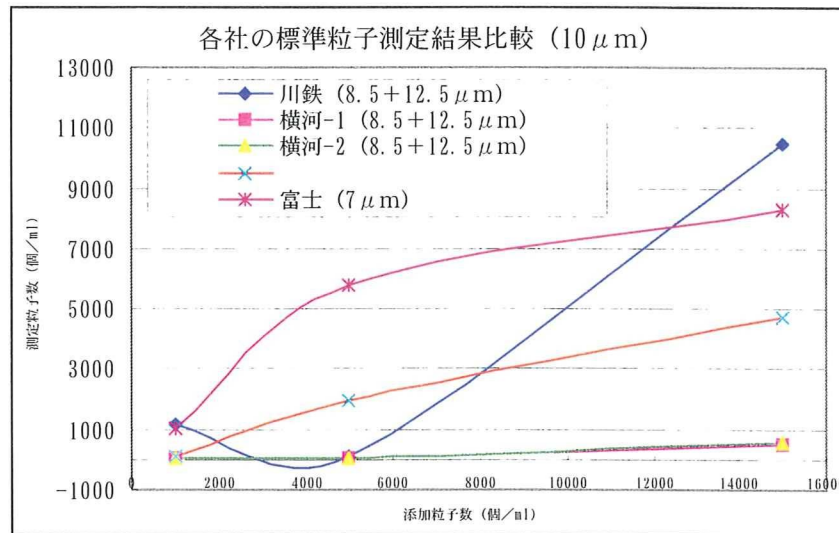


図 3 - 1 0 各社の粒径別標準粒子測定結果の比較 (5 μm)

(4) 添加粒子数に対する測定粒子数の比較

各社の計測機器における添加粒子数に対する測定結果は下記の図に示すとおりであった。

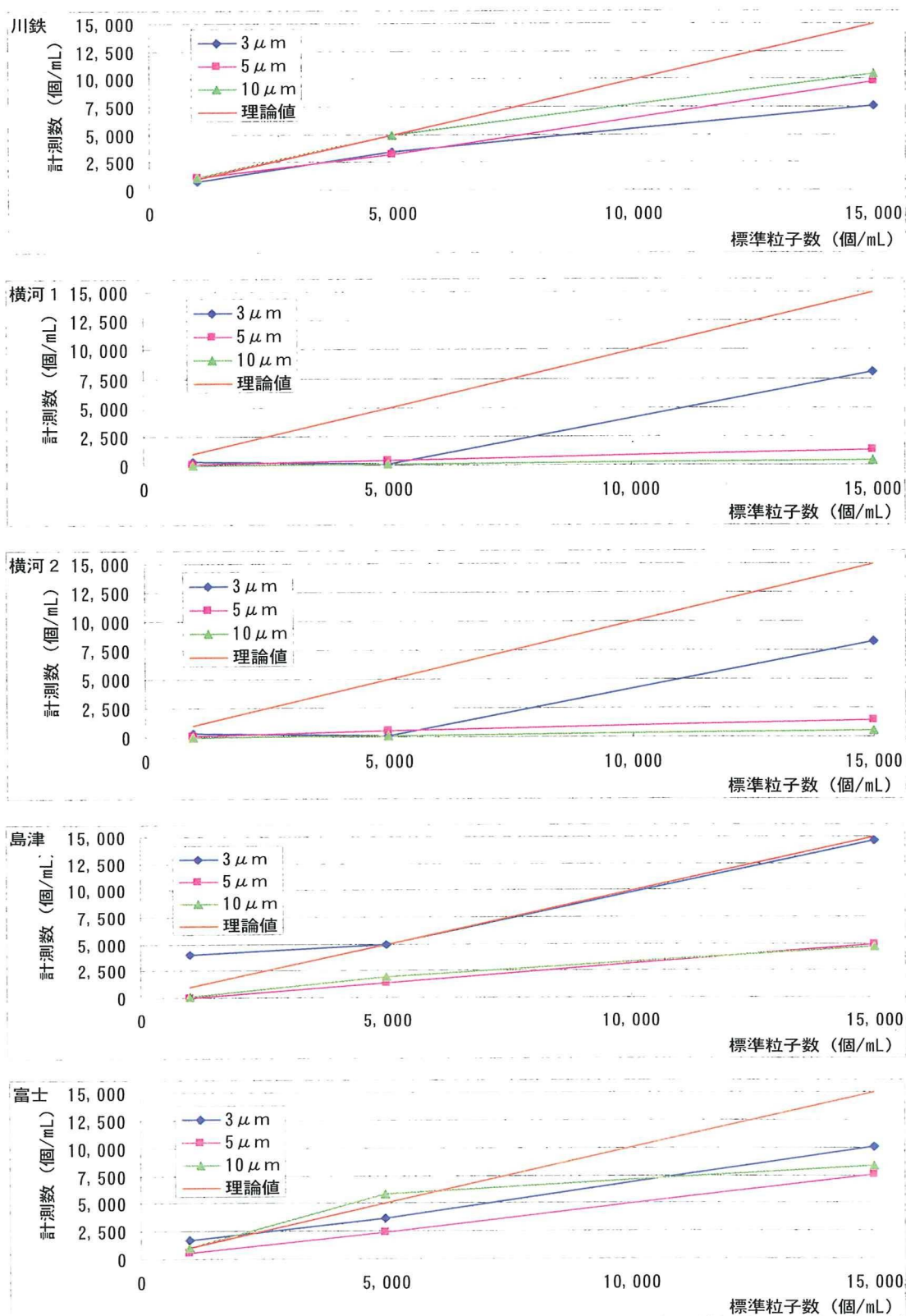


図 3-1-1 各計測機器における標準粒子数に対する計測粒子数の相関

3-7 バッチ式測定器による測定結果

各社微粒子測定器の試験に用いた試料を実験室に持ち帰り、バッチ式の測定器で濁度、微粒子数を測定した。

測定結果を下記の表3-6に示す。1回目は川鉄、横河と同様の試料を、2回目は島津、富士の試料と同様の試料を用いて測定を行った。同じ粒子数の試料同士では3 μ m粒子の試料(RUN-1, 4, 7)は他の粒径の試料に比べてかなり少ない粒子数を計測した。1回目の試料と2回目の試料ではRUN-2, RUN-5で濁度の差が確認された。5, 10 μ mの標準粒子試料では1 μ m以下、1~3 μ m, 3~7 μ mの粒子がそれぞれ目標粒子数の7~10倍計測されている。

また、3.1の結果と比較すると、各社ごとに測定レンジが異なるため、直接、数値的に比較するのは難しいが、グラフの形状などを比較するとバッチ式の測定結果と各社の微粒子測定器の結果とはあまり合致してはいない。総粒子数についても、ほとんど合致しない。

表3-6 濁度測定の結果

| | 標準試料 | | 測定結果 | | | | 計 (個/mL) | 1.0 μ m以上の 粒子数 (個/mL) | 濁度 (mg/mL) |
|-------|------------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------|---------------------------------|---------------|
| | 粒径 (μ m) | 濃度 (個/mL) | 0.5~1.0 (個/mL) | 1.0~3.0 (個/mL) | 3.0~7.0 (個/mL) | 7.0~ (個/mL) | | | |
| 1回目 | | | | | | | | | |
| RUN-1 | 3 | 1,000 | 1,276 | 112 | 602 | 25 | 2,015 | 739 | 0.050 |
| ブランク | | | 753 | 120 | 34 | 0 | 907 | 154 | 0.004 |
| RUN-2 | 5 | 1,000 | 21,801 | 235 | 158 | 0 | 22,194 | 393 | 0.026 |
| ブランク | | | 9,374 | 35 | 0 | 0 | 9,409 | 35 | 0.006 |
| RUN-3 | 10 | 1,000 | 4,618 | 3,808 | 2,561 | 218 | 11,205 | 6,587 | 0.251 |
| ブランク | | | 3,130 | 111 | 11 | 7 | 3,259 | 129 | 0.006 |
| RUN-4 | 3 | 5,000 | 54 | 14 | 2,848 | 26 | 2,942 | 2,888 | 0.212 |
| ブランク | | | 3,885 | 148 | 28 | 0 | 4,061 | 176 | 0.006 |
| RUN-5 | 5 | 5,000 | 4,214 | 6,219 | 6,125 | 5 | 16,563 | 12,349 | 0.591 |
| ブランク | | | 2,232 | 26 | 82 | 0 | 2,340 | 108 | 0.008 |
| RUN-6 | 10 | 5,000 | 7,666 | 7,151 | 8,480 | 1,875 | 25,172 | 17,506 | 1.595 |
| ブランク | | | 2,688 | 154 | -19 | 25 | 2,848 | 160 | 0.009 |
| RUN-7 | 3 | 15,000 | 7,252 | - | 8,498 | 66 | 15,816 | 8,564 | 0.874 |
| ブランク | | | 3,477 | 68 | 5 | 0 | 3,550 | 73 | 0.003 |
| RUN-8 | 5 | 15,000 | 20,612 | 25,104 | 23,411 | 123 | 69,250 | 48,638 | 4.692 |
| ブランク | | | 491 | 28 | 0 | 0 | 519 | 28 | 0.000 |
| RUN-9 | 10 | 15,000 | 10,382 | 20,983 | 24,107 | 3,672 | 59,144 | 48,762 | 7.659 |
| ブランク | | | 5,786 | 232 | 32 | 12 | 6,062 | 276 | 0.012 |
| 2回目 | | | | | | | | | |
| RUN-1 | 3 | 1,000 | 26,679 | 217 | 659 | 0 | 27,555 | 876 | 0.067 |
| ブランク | | | 547 | 22 | 0 | 0 | 569 | 22 | 0.000 |
| RUN-2 | 5 | 1,000 | 2,740 | 1,212 | 1,669 | 7 | 5,628 | 2,888 | 0.127 |
| ブランク | | | 1,317 | 128 | 21 | 0 | 1,466 | 149 | 0.003 |
| RUN-3 | 10 | 1,000 | 6,988 | 3,302 | 1,753 | 287 | 12,330 | 5,342 | 0.197 |
| ブランク | | | 985 | 178 | 70 | 0 | 1,233 | 248 | 0.007 |
| RUN-4 | 3 | 5,000 | - | 183 | 2,689 | 0 | 2,872 | 2,872 | 0.193 |
| ブランク | | | 4,437 | 443 | 97 | 0 | 4,977 | 540 | 0.013 |
| RUN-5 | 5 | 5,000 | 9,139 | 9,194 | 7,751 | 7 | 26,091 | 16,952 | 0.802 |
| ブランク | | | 2,678 | 129 | 75 | 0 | 2,882 | 204 | 0.009 |
| RUN-6 | 10 | 5,000 | 8,030 | 9,890 | 9,133 | 1,454 | 28,507 | 20,477 | 1.479 |

| | | | | | | | | | |
|-------|----|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
| ブランク | | | 2,025 | 74 | 32 | 10 | 2,141 | 116 | 0.007 |
| RUN-7 | 3 | 15,000 | - | 1,713 | - | - | 1,713 | 1,713 | 0.600 |
| ブランク | | | 76,150 | 317 | 15 | 33 | 76,515 | 365 | 0.062 |
| RUN-8 | 5 | 15,000 | 16,410 | 26,111 | - | - | 42,521 | 26,111 | 5.514 |
| ブランク | | | 5,786 | 169 | 86 | 39 | 6,080 | 294 | 0.026 |
| RUN-9 | 10 | 15,000 | 14,536 | 20,873 | 22,930 | 3,174 | 61,513 | 46,977 | 6.910 |
| ブランク | | | 1,222 | 91 | 8 | 0 | 1,321 | 99 | 0.002 |

注：各RUNごとの数値はブランクを差し引いた数値である。

3-8 粒子数と濁度との関係

RUN-1~9 各試料について富士電機のバッチ式微粒子計測器を用いて濁度測定を行い、各社の微粒子測定結果と比較し、回帰式を算出した。

使用した濁度計の測定原理は前方散乱光微粒子カウント方式である。この方式では半導体レーザーからフローセル内を流れる試料水に光ビームを照射すると、粒子が観測領域を通過するたびに散乱光パルスを生ずる。このパルスの高さで頻度を測定して粒子数と個数を求め、これを濁度値に返還することにより濁度を求めている。

(1) 川鉄商事

川鉄商事のMet-oneによる標準粒子の粒子数と濁度の相関関係は下記の重回帰式に示すとおりであり、濁度に対する影響は、粒径15 μ m以上の粒子数が最も大きい結果が得られている。

重回帰式：

$$\text{濁度 (Y)} = 1.31 \times 10^{-2} \times X_1 + 6.12 \times 10^{-3} \times X_2 - 8.1 \times 10^{-4} \times X_3 - 2.1 \times 10^{-4} \times X_4 - 9.47 \times 10^{-2}$$

X_1 : >15 μ m粒子数 X_2 : 5~7 μ m粒子数 X_3 : 2~3 μ m粒子数

X_4 : 3~5 μ m粒子数

決定係数 : 0.9989

観測値と理論値について下記の表3-7に示す。

表3-7 観測値と理論値の比較

| | ①観測値 (mg/mL) | ②理論値 (mg/mL) | 残差 ①-② |
|-------|-----------------|-----------------|-----------|
| RUN-1 | 0.050 | -0.033 | 0.083 |
| RUN-2 | 0.026 | 0.147 | -0.121 |
| RUN-3 | 0.251 | 0.187 | 0.064 |
| RUN-4 | 0.212 | 0.071 | 0.141 |
| RUN-5 | 0.591 | 0.639 | -0.048 |
| RUN-6 | 1.595 | 1.701 | -0.106 |
| RUN-7 | 0.874 | 0.928 | -0.054 |
| RUN-8 | 4.692 | 4.675 | 0.017 |
| RUN-9 | 7.659 | 7.636 | 0.023 |

(2) 横河電機

横河電機の WP402G による標準粒子の粒子数と濁度の相関関係は下記の重回帰式に示すとおりであり、濁度に対する影響は、粒径 $5\sim 6\mu\text{m}$ または $6\sim 7\mu\text{m}$ の粒子数が最も大きい結果が得られている。測定器が 2 基あるので回帰式も 2 つ算定した。

$$\text{重回帰式 1 : } Y = 6.00 \times 10^{-3} \times X_1 - 1.60 \times 10^{-1}$$

$$X_1 : 5\sim 6\mu\text{m 粒子数} \quad \text{決定係数 : } 0.7962$$

$$\text{重回帰式 2 : } Y = 1.87 \times 10^{-2} \times X_1 - 3.14 \times 10^{-3}$$

$$X_1 : 6\sim 7\mu\text{m 粒子数} \quad \text{決定係数 : } 0.8594$$

観測値と理論値について下記の表 3-8 に示す。

表 3-8 観測値と理論値の比較

| | ①観測値 (mg/mL) | ②理論値 (mg/mL) | 残差 ①-② |
|-------|-----------------|-----------------|-----------|
| 横河1 | | | |
| RUN-1 | 0.050 | -0.144 | 0.194 |
| RUN-2 | 0.026 | 0.066 | -0.040 |
| RUN-3 | 0.251 | 1.019 | -0.768 |
| RUN-4 | 0.212 | -0.160 | 0.372 |
| RUN-5 | 0.591 | 0.658 | -0.067 |
| RUN-6 | 1.595 | 2.994 | -1.399 |
| RUN-7 | 0.874 | 2.142 | -1.268 |
| RUN-8 | 4.692 | 2.045 | 2.647 |
| RUN-9 | 7.659 | 7.331 | 0.328 |
| 横河2 | | | |
| RUN-1 | 0.050 | 0.100 | -0.050 |
| RUN-2 | 0.026 | 0.294 | -0.268 |
| RUN-3 | 0.251 | 0.365 | -0.114 |
| RUN-4 | 0.212 | 0.003 | 0.209 |
| RUN-5 | 0.591 | 1.031 | -0.440 |
| RUN-6 | 1.595 | 1.087 | 0.508 |
| RUN-7 | 0.874 | 2.665 | -1.791 |
| RUN-8 | 4.692 | 2.667 | 2.025 |
| RUN-9 | 7.659 | 7.736 | -0.077 |

(3) 島津製作所

島津製作所の LATS-1 による標準粒子の粒子数と濁度の相関関係は下記の重回帰式に示すとおりであり、濁度に対する影響は、粒径 7~10 μ m の粒子数が最も大きい結果が得られている。

重回帰式：

$$Y = 1.38 \times 10^{-2} \times X_1 + 5.25 \times 10^{-4} \times X_2 - 2.65 \times 10^{-3} \times X_3 + 1.54 \times 10^{-4} \times X_4 - 1.18 \times 10^{-1}$$

X_1 : 7~10 μ m 粒子数 X_2 : 5~7 μ m 粒子数 X_3 : 10~15 μ m 粒子数

X_4 : 3~5 μ m 粒子数

決定係数 : 0.9951

観測値と理論値について下記の表 3-9 に示す。

表 3-9 観測値と理論値の比較

| | ①観測値 (mg/mL) | ②理論値 (mg/mL) | 残差 ①-② |
|-------|-----------------|-----------------|-----------|
| RUN-1 | 0.067 | 0.073 | -0.006 |
| RUN-2 | 0.127 | -0.118 | 0.245 |
| RUN-3 | 0.197 | 0.465 | -0.268 |
| RUN-4 | 0.193 | 0.132 | 0.061 |
| RUN-5 | 0.802 | 0.612 | 0.190 |
| RUN-6 | 1.479 | 1.748 | -0.269 |
| RUN-7 | 0.600 | 0.619 | -0.019 |
| RUN-8 | 5.514 | 5.567 | -0.053 |
| RUN-9 | 6.910 | 6.791 | 0.119 |

(4) 富士電機

富士電機のZYUによる標準粒子の粒子数と濁度の相関関係は下記の重回帰式に示すとおりであり、濁度に対する影響は、粒径 $7\mu\text{m}$ 以上の粒子数が最も大きい結果が得られている。

$$\text{重回帰式： } Y = 7.28 \times 10^{-4} \times X_1 - 4.10 \times 10^{-1}$$

X_1 : $>7\mu\text{m}$ 粒子数

決定係数 : 0.8419

観測値と理論値について表3-10に示す。

表3-10 観測値と理論値の比較

| | ①観測値 (mg/mL) | ②理論値 (mg/mL) | 残差 ①-② |
|-------|-----------------|-----------------|-----------|
| RUN-1 | 0.067 | -0.254 | 0.321 |
| RUN-2 | 0.127 | 0.170 | -0.043 |
| RUN-3 | 0.197 | 0.341 | -0.144 |
| RUN-4 | 0.193 | -0.059 | 0.252 |
| RUN-5 | 0.802 | 1.397 | -0.595 |
| RUN-6 | 1.479 | 3.818 | -2.339 |
| RUN-7 | 0.600 | -0.106 | 0.706 |
| RUN-8 | 5.514 | 4.931 | 0.583 |
| RUN-9 | 6.910 | 5.651 | 1.259 |

3-9 微粒子径・数と濁度の関係

今回使用した標準粒子についてバッチ式微粒子計を用い、微粒子数、濁度を測定し、標準粒子と濁度との相関について検討した。

測定結果は下記の図表に示すとおりである。濁度に最も影響する粒子径は $5\mu\text{m}$ 粒子で次いで $10\mu\text{m}$ 粒子、 $3\mu\text{m}$ 粒子となっている。

濁度と粒子径の関係は、原理的には濁度は粒径の大きさと粒子数に比例するはずであるが、粒径については実験結果では $5\mu\text{m}$ の粒子と $10\mu\text{m}$ の粒子が逆転した結果となった。

粒子数については、多くなるに従って濁度も上昇した。また、粒子数と濁度の関係を2次曲線で表現すると相関係数が非常に高い近似式が得られた。

① $3\mu\text{m}$ 粒子

$$y = 10^{-9}x^2 + 3.0 \times 10^{-5}x \quad (R^2 = 0.9974)$$

y : 濁度 (mg/L), x : 粒子数 (個/mL)

② $5\mu\text{m}$ 粒子

$$y = 10^{-8}x^2 + 4.0 \times 10^{-5}x \quad (R^2 = 0.9941)$$

y : 濁度 (mg/L), x : 粒子数 (個/mL)

③ $10\mu\text{m}$ 粒子

$$y = 6.0 \times 10^{-9}x^2 + 5.0 \times 10^{-5}x \quad (R^2 = 0.9992)$$

y : 濁度 (mg/L), x : 粒子数 (個/mL)

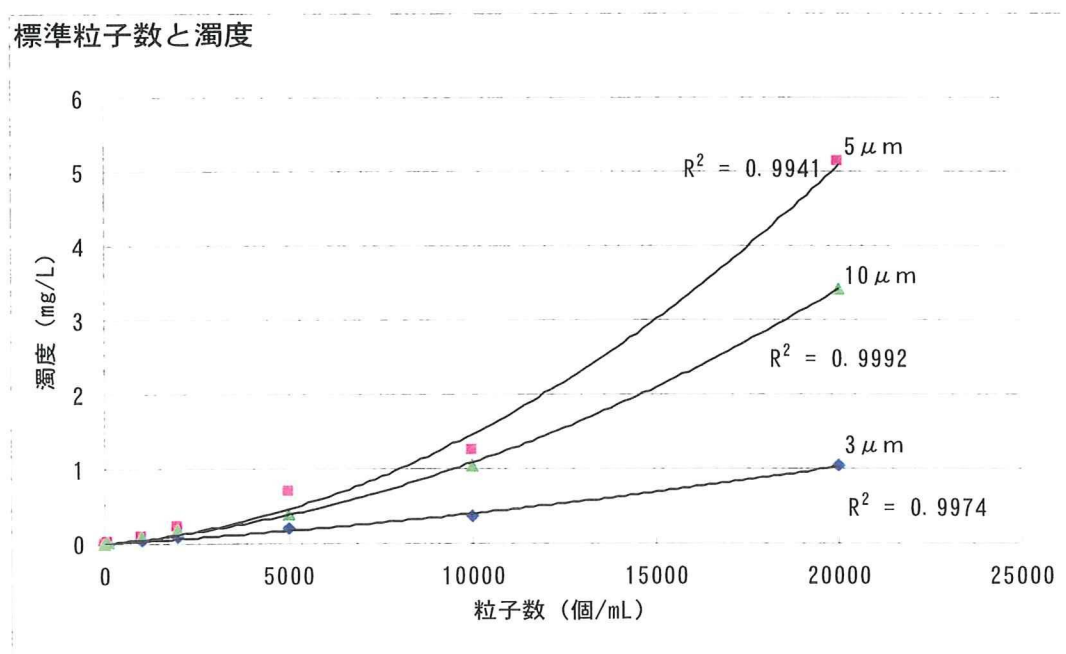


図 3-12 粒径別標準粒子数と濁度の相関

表 3 - 1 1 粒径別標準粒子数と濁度の測定結果

| No. | 粒径 (μm) | 粒子数 (個/mL) | 濁度 (mg/L) | 粒子数 (個/mL) | | | | 計 |
|-----|-------------------------|-------------------|--------------|------------|---------|---------|-------|--------|
| | | | | 0.5~1.0 | 1.0~3.0 | 3.0~7.0 | 7.0~ | |
| 1-1 | 3 | 0 | 0.000 | 83 | 12 | 0 | 0 | 95 |
| 1-2 | 3 | 1.0×10^2 | 0.009 | 1,166 | 244 | 21 | 16 | 1,447 |
| 1-3 | 3 | 1.0×10^3 | 0.047 | 1,433 | 528 | 579 | 0 | 2,540 |
| 1-4 | 3 | 2.0×10^3 | 0.083 | 2,500 | 338 | 1,036 | 0 | 3,874 |
| 1-5 | 3 | 5.0×10^3 | 0.199 | 3,293 | 18 | 2,726 | 11 | 6,048 |
| 1-6 | 3 | 1.0×10^4 | 0.376 | 8,708 | 287 | 4,469 | 31 | 13,495 |
| 1-7 | 3 | 2.0×10^4 | 1.035 | 14,357 | 31 | 9,814 | 0 | 24,202 |
| 2-1 | 5 | 0 | 0.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2-2 | 5 | 1.0×10^2 | 0.020 | 2,921 | 495 | 130 | 25 | 3,571 |
| 2-3 | 5 | 1.0×10^3 | 0.100 | 4,848 | 1,809 | 1,259 | 0 | 7,916 |
| 2-4 | 5 | 2.0×10^3 | 0.222 | 5,531 | 3,385 | 2,837 | 5 | 11,758 |
| 2-5 | 5 | 5.0×10^3 | 0.705 | 6,797 | 6,613 | 7,134 | 0 | 20,544 |
| 2-6 | 5 | 1.0×10^4 | 1.246 | 10,623 | 11,173 | 11,938 | 0 | 33,734 |
| 2-7 | 5 | 2.0×10^4 | 5.132 | 20,066 | 24,042 | 25,160 | 62 | 69,330 |
| 3-1 | 10 | 0 | 0.000 | 304 | 43 | 0 | 0 | 347 |
| 3-2 | 10 | 1.0×10^2 | 0.017 | 2,806 | 499 | 146 | 11 | 3,462 |
| 3-3 | 10 | 1.0×10^3 | 0.087 | 2,349 | 908 | 1,022 | 38 | 4,317 |
| 3-4 | 10 | 2.0×10^3 | 0.188 | 5,389 | 3,049 | 1,829 | 225 | 10,492 |
| 3-5 | 10 | 5.0×10^3 | 0.396 | 5,022 | 4,742 | 3,568 | 412 | 13,744 |
| 3-6 | 10 | 1.0×10^4 | 1.054 | 8,963 | 9,539 | 7,892 | 683 | 27,077 |
| 3-7 | 10 | 2.0×10^4 | 3.426 | 14,091 | 19,249 | 16,314 | 1,228 | 50,882 |

3 - 1 0 各粒径を検出する閾値電圧の測定および校正方法

水中の粒子数についての各粒径を検出するための閾値電圧の測定及び校正については各メーカー独自の методにより行われているため、メーカーに一任して実施した。

3-1-1 実験プラントにおける粒子測定

平成12年度の調査として、調整した計器を用いて現場での測定を行い、各機器の測定結果の比較を行った。

(1) 実験プラントの運転状況と処理フロー

実験プラントの運転期間：平成12年8月16日～平成12年12月8日

調整した計器を用いて現場での測定を行い、各機器の測定結果の比較を行った。

表6-1 実験プラントの運転状況と測定データ

| | 横河 (MP402G) | | 川鉄 (Met-one) | | | LATS-1 | ZYU | 処理フロー | ろ過速度 (m/日) |
|--------|-------------|-----|--------------|----|-----|--------|-----|-------------------|-------------|
| | 凝集沈殿 | 砂ろ過 | 砂ろ過 | 原水 | 沈殿水 | 島津 | 富士 | | |
| 8月23日 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 凝集沈殿→ろ過カラム→活性炭カラム | SF120-AC80 |
| 8月30日 | △ | △ | △ | △ | △ | ○ | △ | 凝集沈殿→ろ過カラム→活性炭カラム | SF120-AC80 |
| 9月6日 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 凝集沈殿→ろ過カラム→活性炭カラム | SF120-AC80 |
| 9月13日 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 凝集沈殿→ろ過カラム→活性炭カラム | SF120-AC80 |
| 9月27日 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 凝集沈殿→ろ過カラム→活性炭カラム | SF200-AC120 |
| 10月4日 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 凝集沈殿→ろ過カラム→活性炭カラム | SF200-AC120 |
| 10月11日 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 凝集沈殿→ろ過カラム→活性炭カラム | SF200-AC120 |
| 10月18日 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 凝集沈殿→ろ過カラム→活性炭カラム | SF200-AC120 |
| 10月25日 | △ | △ | × | × | × | △ | △ | 凝集沈殿→ろ過カラム→活性炭カラム | SF200-AC120 |
| 11月1日 | ○ | ○ | × | × | × | △ | △ | 凝集沈殿→ろ過カラム→活性炭カラム | SF200-AC120 |
| 11月8日 | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | 凝集沈殿→ろ過カラム→活性炭カラム | SF120-AC80 |
| 11月15日 | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | 凝集沈殿→ろ過カラム→活性炭カラム | SF120-AC80 |
| 11月22日 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 凝集沈殿→ろ過カラム→活性炭カラム | SF120-AC80 |
| 11月29日 | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | 凝集沈殿→活性炭カラム→ろ過カラム | SF240-AC120 |
| 12月6日 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 凝集沈殿→活性炭カラム→ろ過カラム | SF240-AC120 |

○：全データ有り △：日データの一部欠損 ×：データ無し

(2) 各処理フローにおける粒子数と除去率

1) 横河電機

横河電機の WP402G で計測した平成 12 年 8 月 30 日の粒子数と除去率については下記のとおりであった。

① 粒子数

凝集沈澱処理水中の 3~7 μ m 及び 2 μ m 以上の粒子数はほぼ一定で 10000 個/ml 程度であり、砂ろ過水中の 3~7 μ m 及び 2 μ m 以上の粒子では 1000 個/ml 程度であった。

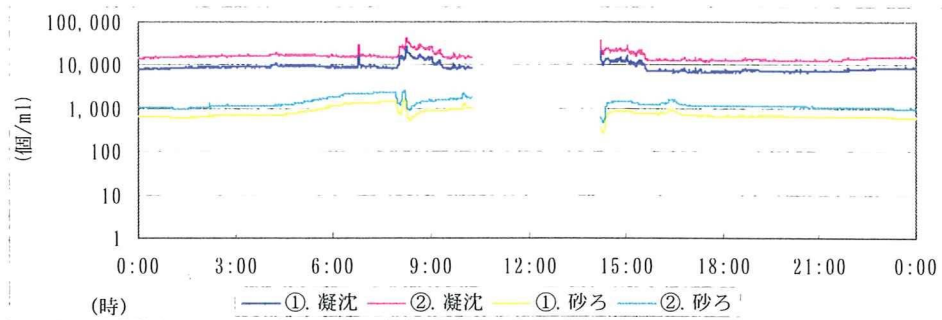


図 3 - 1 3 凝集沈澱処理による粒子数の経時変化

② 除去率

凝集沈澱処理水を砂ろ過した場合の粒子の除去率は 3~7 μ m と 2 μ m 以上の場合とほとんど差が無く、いずれも 85~95% であった。

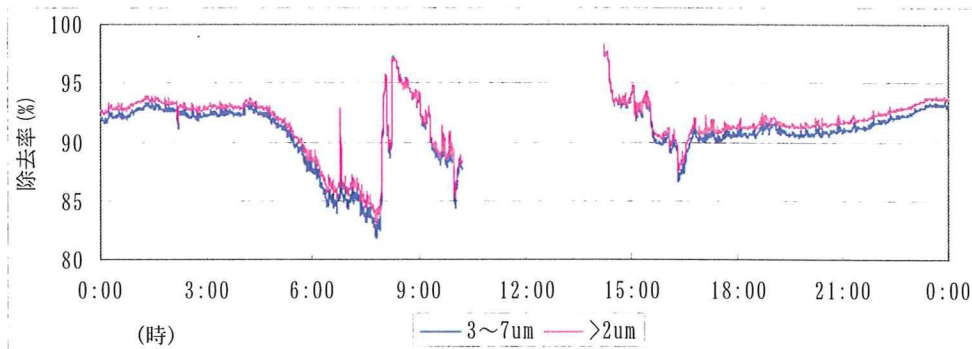


図 3 - 1 4 砂ろ過による粒子除去率の経時変化

2) 川鉄商事

平成 12 年 8 月 30 日の粒子数と除去率については下記のとおりであった。

① 粒子数

原水中の 3~7 μ m の粒子数はほぼ一定で 9000 個/ml、沈澱処理水中の粒子数は 2000~3000 個

／ml, 砂ろ過水中では 500～1000 個／ml であった。

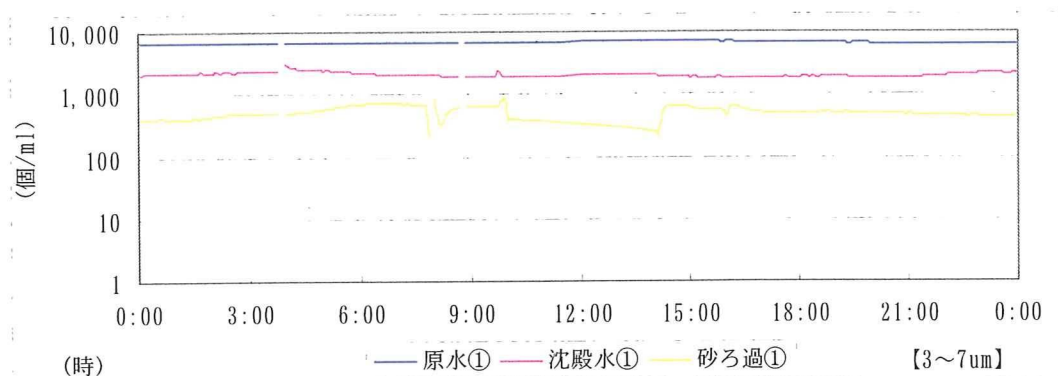


図 3 - 1 5 原水, 凝集沈澱処理水及び砂ろ過水中の粒子数の経時変化

② 除去率

原水を凝集沈澱処理した場合の粒子の除去率は 3～7 μ m と 2 μ m 以上の場合とほとんど差が無く, 沈澱処理水で 60～70%, 砂ろ過水で 90～95% であった。

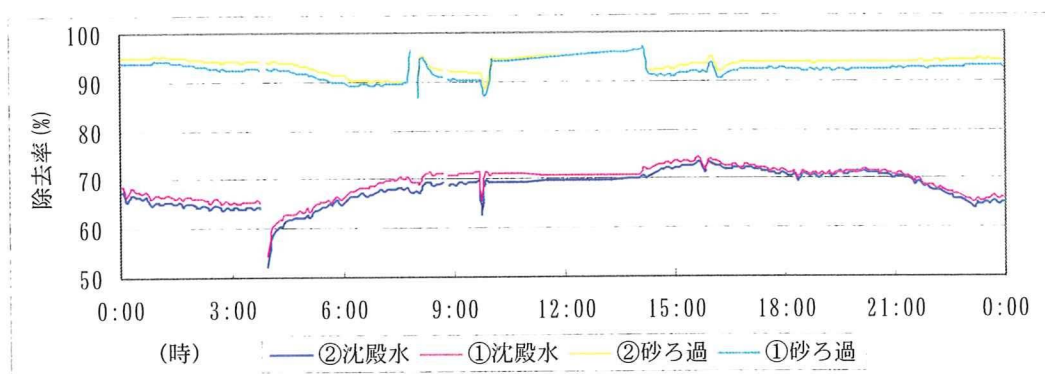


図 3 - 1 6 凝集沈澱及び砂ろ過による粒子除去率の経時変化

(3) 濁度と粒子数の相関

各社の粒子計測機器のよる粒子数と高感度濁度計による濁度との関係は下記の表に示すとおりである。

表 3 - 1 3 濁度と粒子数の関係

| 日付 | 時刻 | 原水 濁度 | 川鉄 粒子数 | 沈殿 濁度 | 横河 粒子数 | 川鉄 粒子数 | 活性炭 濁度 | 島津 粒子数 | 富士 粒子数 | ろ過処理 濁度 | 川鉄 粒子数 | 横河 粒子数 |
|-------|----|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 8/23 | 10 | 12.10 | 15817.35 | 0.65 | 9338.06 | 3057.20 | 0.10 | — | 1195 | 0.11 | 600.90 | 839.94 |
| | 16 | 11.40 | 15800.75 | 0.76 | 11182.05 | 3953.35 | 0.16 | 64 | 1507 | 0.13 | 295.43 | 1248.84 |
| 8/30 | 10 | 5.87 | 12458.45 | 0.70 | 15618.41 | 3789.60 | 0.24 | 252 | 1929 | 0.15 | 618.15 | 2312.52 |
| | 16 | 6.37 | 13077.78 | 0.63 | 13891.02 | 3483.50 | 0.21 | 650 | 2468 | 0.16 | 662.88 | 1257.93 |
| 9/6 | 10 | 5.43 | 11344.75 | 0.61 | 10202.38 | 2876.93 | 0.10 | 175 | 3360 | 0.11 | 656.15 | 545.10 |
| | 16 | 5.16 | 11275.13 | 0.45 | 17712.00 | 3144.68 | 0.09 | 211 | 1685 | 0.11 | 336.25 | 345.83 |
| 9/13 | 10 | 5.82 | 11805.00 | 0.59 | 15577.85 | 4182.00 | 0.11 | 134 | 2162 | 0.11 | 826.90 | 1904.44 |
| | 16 | 9.06 | 12571.45 | 0.67 | 17505.10 | 5061.18 | 0.10 | 206 | 2263 | 0.12 | 311.38 | 1626.29 |
| 9/20 | 10 | 7.75 | 12601.78 | 0.71 | 13128.75 | 4157.58 | 0.10 | 849 | 726 | 0.11 | 379.15 | 1669.05 |
| | 16 | 7.11 | 13382.03 | 0.76 | 16048.40 | 529.50 | 0.10 | 353 | 2084 | 0.12 | 188.03 | 1530.92 |
| 10/4 | 10 | 6.11 | 11503.90 | 0.60 | 8000.42 | 3556.48 | 0.11 | 472 | 1272 | 0.10 | 466.40 | 2315.16 |
| | 16 | 6.23 | 11508.68 | 0.66 | 6769.67 | 4124.40 | 0.11 | 10187 | 3181 | 0.13 | 258.98 | 2084.34 |
| 10/11 | 10 | 5.52 | 11765.13 | 0.56 | 18036.44 | 3952.43 | 0.08 | 3974 | 1251 | 0.09 | 555.50 | 2322.46 |
| | 16 | 5.41 | 11546.03 | 0.58 | 24036.14 | 4950.73 | 0.10 | 351 | 2171 | 0.11 | 658.65 | 2019.37 |
| 10/18 | 10 | 5.01 | 10263.38 | 0.55 | 19343.95 | 4601.20 | 0.09 | 430 | 1266 | 0.09 | 401.48 | 3129.66 |
| | 16 | 5.80 | 11860.03 | 0.56 | 20281.18 | 4422.63 | 0.11 | 271 | 4173 | 0.09 | 413.08 | 1913.49 |
| 10/25 | 10 | 5.12 | | 0.67 | 20614.92 | | 0.67 | 759 | 1309 | 0.08 | | 1267.56 |
| | 16 | 5.03 | | 4.06 | 17708.46 | | 0.03 | 361 | 1899 | 0.07 | | 1105.30 |
| 11/1 | 10 | 4.30 | | 0.63 | 23640.23 | | 0.06 | 408 | 1106 | 0.09 | | 2868.79 |
| | 16 | 4.51 | | 0.56 | 21132.82 | | 0.08 | 11950 | 3049 | 0.09 | | 2138.64 |
| 11/8 | 10 | 11.10 | 15568.45 | 1.27 | 24935.49 | 7849.28 | 0.56 | 849 | 1454 | 0.07 | 267.35 | 1089.96 |
| | 16 | 11.20 | 16109.45 | 1.16 | 24904.32 | 7067.78 | 0.08 | 35320 | 3619 | 0.10 | 192.85 | 1311.98 |
| 11/15 | 10 | 6.93 | 10877.10 | 0.84 | 19003.15 | 4841.48 | 0.05 | 17559 | 1312 | 0.05 | 256.33 | 1097.54 |
| | 16 | 7.04 | 10543.68 | 3.16 | 21200.74 | 5230.70 | 0.07 | 39836 | 3384 | 0.07 | 180.15 | 1107.10 |
| 11/22 | 10 | 19.10 | 14813.70 | 1.20 | 28686.54 | 8221.00 | 0.05 | 15428 | 1198 | 0.07 | 220.88 | 1299.58 |
| | 16 | 17.50 | 17161.98 | 0.99 | 23196.17 | 7023.73 | 0.06 | 36392 | 2084 | 0.06 | 182.30 | 854.09 |
| 11/29 | 10 | 6.78 | 12277.50 | 0.87 | 22452.50 | 5733.68 | 0.05 | 29334 | 903 | 0.04 | 245.58 | 912.71 |
| | 16 | 7.98 | 14990.45 | 0.81 | 16116.36 | 5979.20 | 0.05 | 16973 | 1220 | 0.06 | 232.90 | 595.03 |
| 12/6 | 10 | 4.87 | 10685.90 | 0.75 | 8459.68 | 5655.33 | 0.06 | 12062 | 1444 | 0.05 | 318.60 | 713.52 |
| | 16 | 6.28 | 12357.60 | 0.66 | 19039.60 | 5030.33 | 0.06 | 24540 | 1715 | 0.07 | 301.55 | 702.66 |

2 μ m以上の粒子について、原水、凝集沈殿処理水、砂ろ過水及びカラム砂ろ過水中の濁度と粒子数の相関は、下記の表及び図に示すとおり原水以外は明らかな相関は認められなかった。

表3-14 各社の測定結果による濁度と粒子数の相関

> 2 μm

| 試料 | メーカー | 相関式 | | | 相関係数 (R) |
|---------|-------|--------------|-------|-----------|----------|
| 原水 | 川鉄商事 | Y= 434.53 | X | + 9353.1 | 0.8107 |
| | | Y= 4559.41 | ln(X) | + 3692.0 | 0.8622 |
| 沈殿処理水 | 川鉄商事 | Y= 1149.61 | X | + 3748.9 | 0.3576 |
| | | Y= 2232.41 | ln(X) | + 5320.9 | 0.5179 |
| | 横河電機 | Y= 1426.28 | X | + 16276.6 | 0.1944 |
| | | Y= 3293.05 | ln(X) | + 18376.8 | 0.2802 |
| 既設砂ろ過水 | 島津製作所 | Y= -27384.10 | X | + 12509.2 | 0.3076 |
| | | Y= -8066.13 | ln(X) | - 9918.9 | 0.4292 |
| | 富士電機 | Y= -678.05 | X | + 2033.1 | 0.1068 |
| | | Y= 38.13 | ln(X) | + 2035.6 | 0.0282 |
| カラム砂ろ過水 | 川鉄商事 | Y= 3079.22 | X | + 92.0 | 0.5190 |
| | | Y= 265.50 | ln(X) | + 1024.9 | 0.5138 |
| | 横河電機 | Y= 7727.00 | X | + 7477.2 | 0.3248 |
| | | Y= 772.74 | ln(X) | + 3341.0 | 0.3708 |

3 ~ 7 μm

| 試料 | メーカー | 相関式 | | | 相関係数 (R) |
|---------|-------|------------|-------|----------|----------|
| 原水 | 川鉄商事 | Y= 203.24 | X | + 5575.0 | 0.6274 |
| | | Y= 2282.77 | ln(X) | + 2607.2 | 0.7230 |
| 沈殿処理水 | 川鉄商事 | Y= 611.51 | X | + 2089.6 | 0.3932 |
| | | Y= 1214.39 | ln(X) | + 2919.9 | 0.5874 |
| | 横河電機 | Y= 643.70 | X | + 8719.9 | 0.1572 |
| | | Y= 1275.33 | ln(X) | + 9604.7 | 0.1952 |
| 既設砂ろ過水 | 島津製作所 | Y= -411.05 | X | + 274.5 | 0.1389 |
| | | Y= -89.02 | ln(X) | + 13.7 | 0.1428 |
| | 富士電機 | Y= -43.85 | X | + 115.5 | 0.3672 |
| | | Y= 31.59 | ln(X) | + 194.8 | 0.1072 |
| カラム砂ろ過水 | 川鉄商事 | Y= 2218.45 | X | + 3.6 | 0.5925 |
| | | Y= 178.41 | ln(X) | + 645.2 | 0.5330 |
| | 横河電機 | Y= 3618.42 | X | + 478.2 | 0.2672 |
| | | Y= 373.87 | ln(X) | + 1721.2 | 0.3121 |

3-1-2 粒子の除去率のまとめ

(1) 川鉄商事 (Met-one) による除去率測定結果 (粒径 3~7 μ m, 2 μ m以上)

- ・沈澱処理 (原水→凝集沈澱処理) では, 最大で 91%, 平均で 60~70%程度であった。
- ・砂ろ過 (原水→凝集沈澱→砂ろ過) では, 最大で 99%, 平均で 95~98%であった。
- ・砂ろ過② (凝集沈澱→砂ろ過) では, 最大で 98%, 平均で 80~95%であった。

表 3-15 浄水処理による粒子の除去率 (%)

| RUN | | (1)-1 | (1)-2 | (1)-3 | (1)-4 | (2)-1 | (2)-2 | (2)-3 | (2)-4 | (2)-5 | (2)-6 | (3)-1 | (3)-2 | (3)-3 | (3)-4 | (4)-1 | (4)-2 | | |
|-------------|------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 日付 | | 8/23 | 8/30 | 9/6 | 9/13 | 9/20 | 9/27 | 10/4 | 10/11 | 10/18 | 10/25 | 11/1 | 11/8 | 11/15 | 11/22 | 11/29 | 12/6 | | |
| 3-7 μ m | 沈澱処理 | 最大 | 85.64 | 74.33 | 78.46 | 91.05 | 76.05 | 78.35 | 76.31 | 69.27 | 67.46 | - | - | 62.21 | 65.27 | 56.47 | 66.40 | 65.94 | |
| | | 平均 | 81.615 | 69.006 | 74.146 | 65.758 | 70.498 | 70.279 | 69.882 | 63.245 | 62.525 | - | - | 57.759 | 58.149 | 34.037 | 58.017 | 55.356 | |
| | | 最小 | 71.16 | 54.18 | 53.39 | 46.14 | 54.67 | 56.99 | 60.72 | 51.99 | 56.35 | - | - | 53.54 | 46.77 | 1.51 | 48.94 | 46.57 | |
| | 砂ろ過 | 最大 | 98.78 | 97.02 | 98.29 | 97.38 | 98.91 | 98.74 | 97.94 | 97.15 | 97.27 | - | - | 98.94 | 98.47 | 98.82 | 98.85 | 98.26 | |
| | | 平均 | 97.743 | 92.123 | 95.095 | 95.752 | 97.489 | 94.256 | 96.417 | 95.734 | 95.728 | - | - | 98.496 | 97.953 | 97.848 | 98.460 | 97.623 | |
| | | 最小 | 96.33 | 86.64 | 88.99 | 93.09 | 94.67 | -16.59 | 93.85 | 92.92 | 92.21 | - | - | 94.73 | 96.42 | 94.03 | 96.76 | 95.50 | |
| | 砂ろ過② | 最大 | 95.76 | 89.70 | 93.72 | 93.38 | 96.94 | 95.53 | 93.87 | 92.98 | 93.33 | - | - | 97.53 | 96.36 | 97.40 | 97.63 | 96.22 | |
| | | 平均 | 87.700 | 74.246 | 80.886 | 85.977 | 91.401 | 82.810 | 88.069 | 88.323 | 88.594 | - | - | 96.411 | 95.119 | 96.693 | 96.237 | 94.628 | |
| | | 最小 | 81.92 | 54.10 | 53.63 | 36.66 | 78.38 | -217.37 | 82.02 | 79.90 | 80.89 | - | - | 86.99 | 89.13 | 87.04 | 90.72 | 88.78 | |
| | >2 μ m | 沈澱処理 | 最大 | 82.91 | 73.64 | 77.09 | 90.00 | 72.85 | 75.82 | 75.02 | 68.33 | 66.06 | - | - | 56.21 | 61.29 | 60.12 | 62.49 | 68.42 |
| | | | 平均 | 78.493 | 67.914 | 73.615 | 64.633 | 67.334 | 67.684 | 67.685 | 61.962 | 61.266 | - | - | 51.335 | 54.529 | 44.672 | 53.272 | 52.551 |
| | | | 最小 | 66.14 | 52.15 | 66.06 | 51.41 | 50.70 | 57.32 | 59.07 | 50.42 | 54.69 | - | - | 46.92 | 43.67 | 31.71 | 44.02 | 45.14 |
| 砂ろ過 | | 最大 | 98.42 | 97.04 | 98.19 | 97.53 | 98.60 | 98.42 | 97.81 | 96.85 | 96.62 | - | - | 98.80 | 98.37 | 99.01 | 98.71 | 98.22 | |
| | | 平均 | 97.649 | 93.392 | 95.383 | 95.631 | 96.983 | 93.542 | 95.796 | 95.299 | 95.676 | - | - | 98.303 | 97.881 | 98.220 | 98.315 | 97.689 | |
| | | 最小 | 96.20 | 86.68 | 85.98 | 92.25 | 93.43 | -5.17 | 92.40 | 91.95 | 90.93 | - | - | 94.11 | 94.37 | 92.44 | 95.56 | 95.00 | |
| 砂ろ過② | | 最大 | 95.15 | 90.15 | 93.58 | 93.86 | 96.32 | 94.91 | 93.84 | 92.95 | 92.01 | - | - | 97.44 | 96.63 | 97.58 | 97.55 | 96.41 | |
| | | 平均 | 88.984 | 79.140 | 82.325 | 85.692 | 90.670 | 81.759 | 86.974 | 87.552 | 88.846 | - | - | 96.483 | 95.344 | 96.738 | 96.306 | 95.077 | |
| | | 最小 | 80.34 | 59.20 | 41.48 | 24.04 | 76.29 | -174.09 | 78.93 | 78.12 | 78.67 | - | - | 87.47 | 87.47 | 81.10 | 88.82 | 88.22 | |

(2) 横河電機 (WP402G) による除去率測定結果 (3~7 μ m, 2 μ m以上)

砂ろ過② (凝集沈澱→砂ろ過) による粒子の除去率は下記の表に示すとおりである。

表 3-16 浄水処理による粒子の除去率 (%)

| RUN | | (1)-1 | (1)-2 | (1)-3 | (1)-4 | (2)-1 | (2)-2 | (2)-3 | (2)-4 | (2)-5 | (2)-6 | (3)-1 | (3)-2 | (3)-3 | (3)-4 | (4)-1 | (4)-2 | |
|-------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 日付 | | 8/23 | 8/30 | 9/6 | 9/13 | 9/20 | 9/27 | 10/4 | 10/11 | 10/18 | 10/25 | 11/1 | 11/8 | 11/15 | 11/22 | 11/29 | 12/6 | |
| 3-7 μ m | 砂ろ過② | 最大 | 94.55 | 98.32 | 99.09 | 95.95 | 97.12 | 95.21 | 97.12 | 98.65 | 99.29 | 99.40 | 99.89 | 99.42 | 99.62 | 99.59 | 98.74 | 97.29 |
| | | 平均 | 90.860 | 91.040 | 94.460 | 84.580 | 89.850 | 88.600 | 72.730 | 90.130 | 91.140 | 94.180 | 90.250 | 94.880 | 95.480 | 96.220 | 96.680 | 94.270 |
| | | 最小 | 83.88 | 81.82 | 71.87 | 43.92 | 80.39 | 10.35 | -76.75 | 83.26 | 73.13 | 90.03 | 41.51 | 56.69 | 89.78 | 92.18 | 78.19 | 87.82 |
| >2 μ m | 砂ろ過② | 最大 | 94.74 | 98.24 | 99.06 | 95.75 | 96.68 | 94.30 | 97.01 | 98.51 | 99.16 | 99.30 | 99.89 | 99.33 | 99.55 | 99.54 | 98.60 | 97.40 |
| | | 平均 | 91.770 | 91.630 | 94.870 | 85.440 | 89.530 | 88.740 | 72.270 | 89.880 | 91.430 | 94.510 | 90.950 | 95.270 | 95.810 | 96.420 | 96.810 | 94.700 |
| | | 最小 | 84.85 | 83.18 | 75.54 | 51.46 | 80.07 | 15.55 | -74.28 | 82.62 | 75.24 | 91.09 | 43.06 | 57.18 | 90.49 | 92.76 | 77.38 | 88.59 |