

### 3. 関係性の解析

#### 3.1. 雨量と流量の関係

##### 3.1.1. 各調査地の流出特徴

各調査地の降雨に対する流出率は、表 3-1 のとおり。

表 3-1 調査期間における各調査地の雨量・流出量比較

|                   | スギ林間伐地 (CP) | 0307-2 皆伐地 | 07-1 スギ林 | 平均     | 単位                 |
|-------------------|-------------|------------|----------|--------|--------------------|
| 流域面積              | 3.24        | 2.13       | 8.70     | —      | ha                 |
| 雨量                | 486         | 791        | 620      | 632    | mm                 |
| 総降雨量              | 15,746      | 16,877     | 53,940   | 28,855 | m <sup>3</sup>     |
| 降雨量               | 4,860       | 7,905      | 6,200    | 6,322  | m <sup>3</sup> /ha |
| 流出高               | 305         | 209        | 57       | 190    | mm                 |
| 総流出量              | 9,869       | 4,456      | 4,939    | 6,421  | m <sup>3</sup>     |
| 比流出量              | 3,049       | 2,092      | 571      | 1,904  | m <sup>3</sup> /ha |
| 流出率 <sup>15</sup> | 63          | 26         | 9        | 30     | %                  |

注) 雨量、総降雨量、降雨量、流出高、総流出量、比流出量は 10min 計測データに基づく集計値

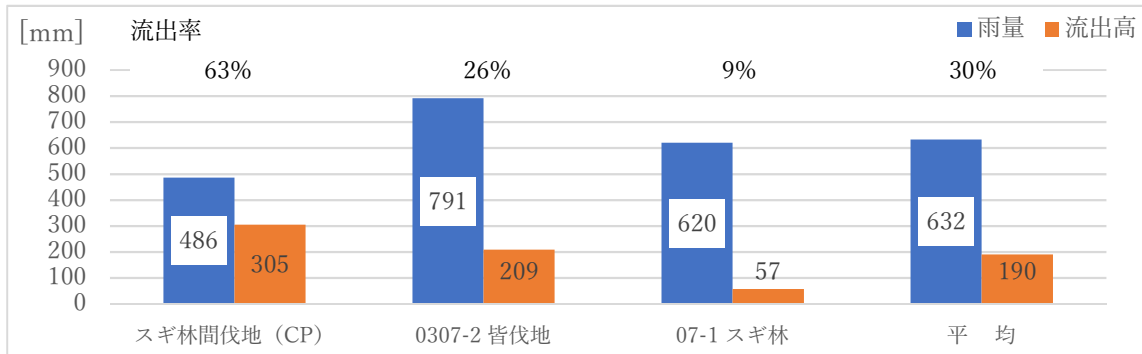


図 3-1 調査地別雨量-流出量の比較

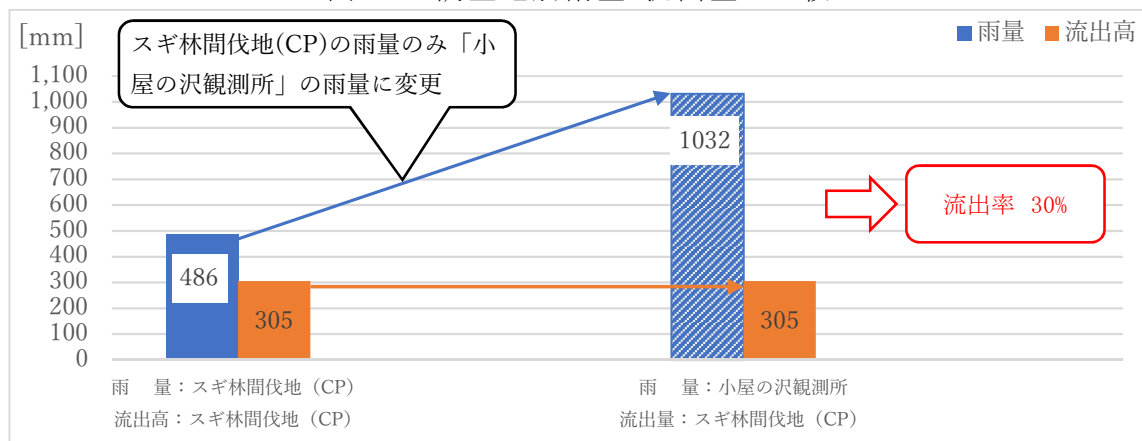


図 3-2 スギ間伐地雨量-流出量比較のシミュレーション

□ 各調査地の期間計の流出率は、0307-2皆伐地と07-1スギ林は針葉樹人工林、落葉広葉樹林の一般的な流出率の範囲<sup>16</sup>内であるが、スギ林間伐地が範囲を超えているため、次項のハイドログラフにおいても最寄りの小屋の沢観測所の雨量によるシミュレーションを併載して検討を行う。

<sup>15</sup> 流出率(流出高/雨量×100、或いは、比流出量/降雨量×100)は降雨の内流出した割合

<sup>16</sup> 一般的な流出率は、針葉樹人工林が 20~40%、落葉広葉樹林が 30~50%、皆伐地(伐採直後)40~70%。一般に蒸散量や降雨の遮断蒸発量が広葉樹<針葉樹のため、針葉樹人工林の方が落葉広葉樹林より小さくなる傾向であるが、表層地質・森林土壌・傾斜・降雨特性で大きく変動する。

### 3.1.2. 各調査地の雨量と流出高の推移

令和7年6月17日～12月23日の雨量－流出高のハイドログラフを図3-3に示す。  
 降雨時調査の採水タンク通水期間は、調査やメンテナンスで採水タンクを空にした時から降雨時調査までの期間である。

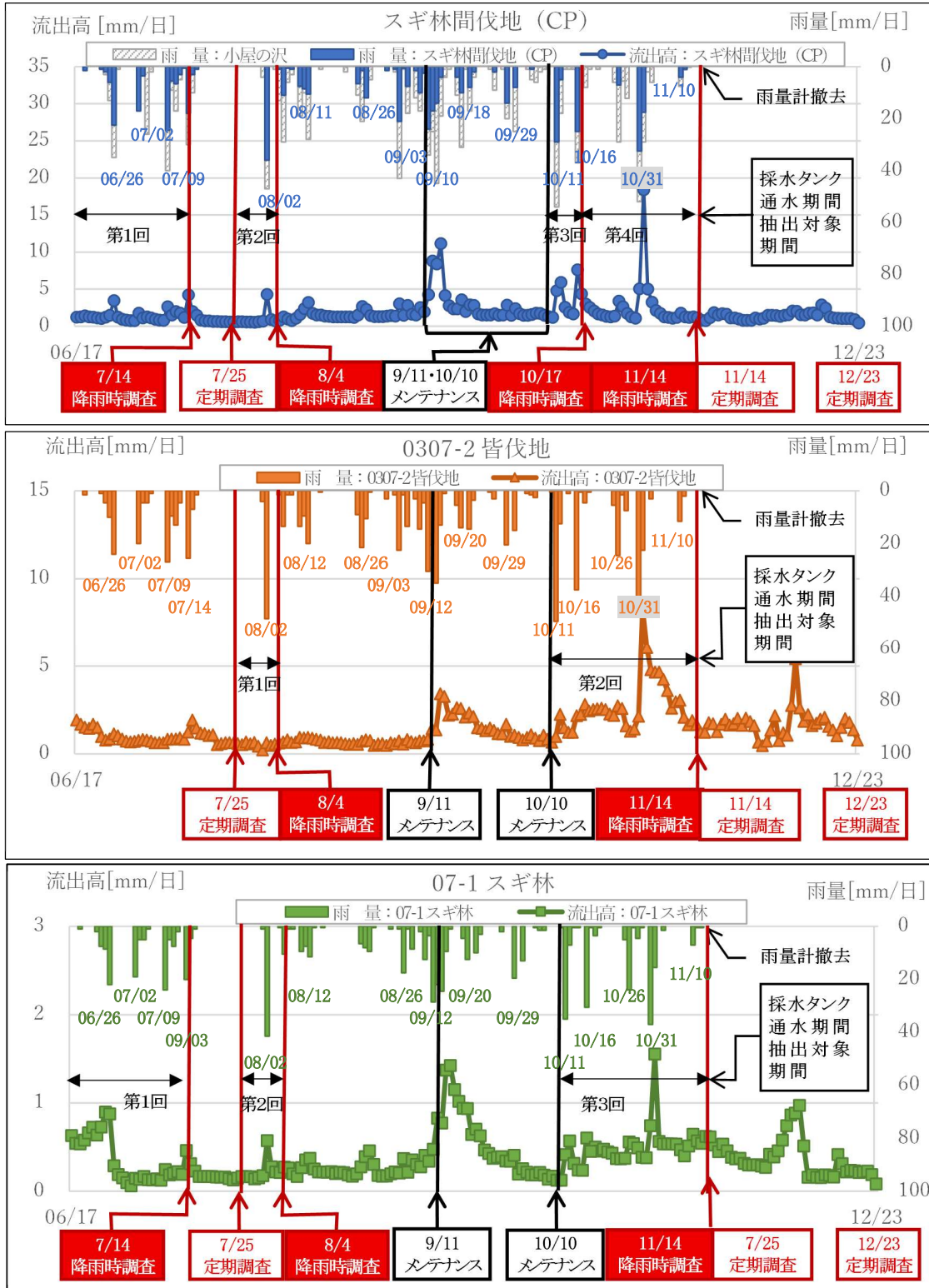


図 3-3 調査地別調査期間における雨量-流出高のハイドログラフ

### 3.1.3 降雨イベントと流出高の変動特性

特徴的な4つの流出応答について、雨量-流出高ハイドログラフを図3-4～図3-7に示す。<sup>17</sup>

#### (1) 短時間の強い降雨に対する流出応答



図3-4 集水域別の雨量-流出高ハイドログラフ(令和7年6月26日)

<sup>17</sup> 本報告書で言う取水高は、採水タンク(5.1.調査方法-5.1.4.水質調査参照)に流水が流入する流出高の下限値を示す。

採水タンクを通水する流量に対する流出高

スギ林間伐地(CP) :流量 109.2 L/min×10 min/32,400 m<sup>2</sup>=0.03370 mm

0307-2 皆伐地 :流量 36.2 L/min×10 min/21,300 m<sup>2</sup>=0.01699 mm

(ただし6/17～7/14 :流量 109.2 L/min×10 min/32,400 m<sup>2</sup>=0.05127 mm、7/14に取水口高を7.0cm→4.5cmに変更)

07-1 スギ林 :流量 109.2 L/min×10 min/87,000 m<sup>2</sup>=0.01255 mm

(2) 無降雨 3 時間を挟む連続強雨イベントに対する流出応答

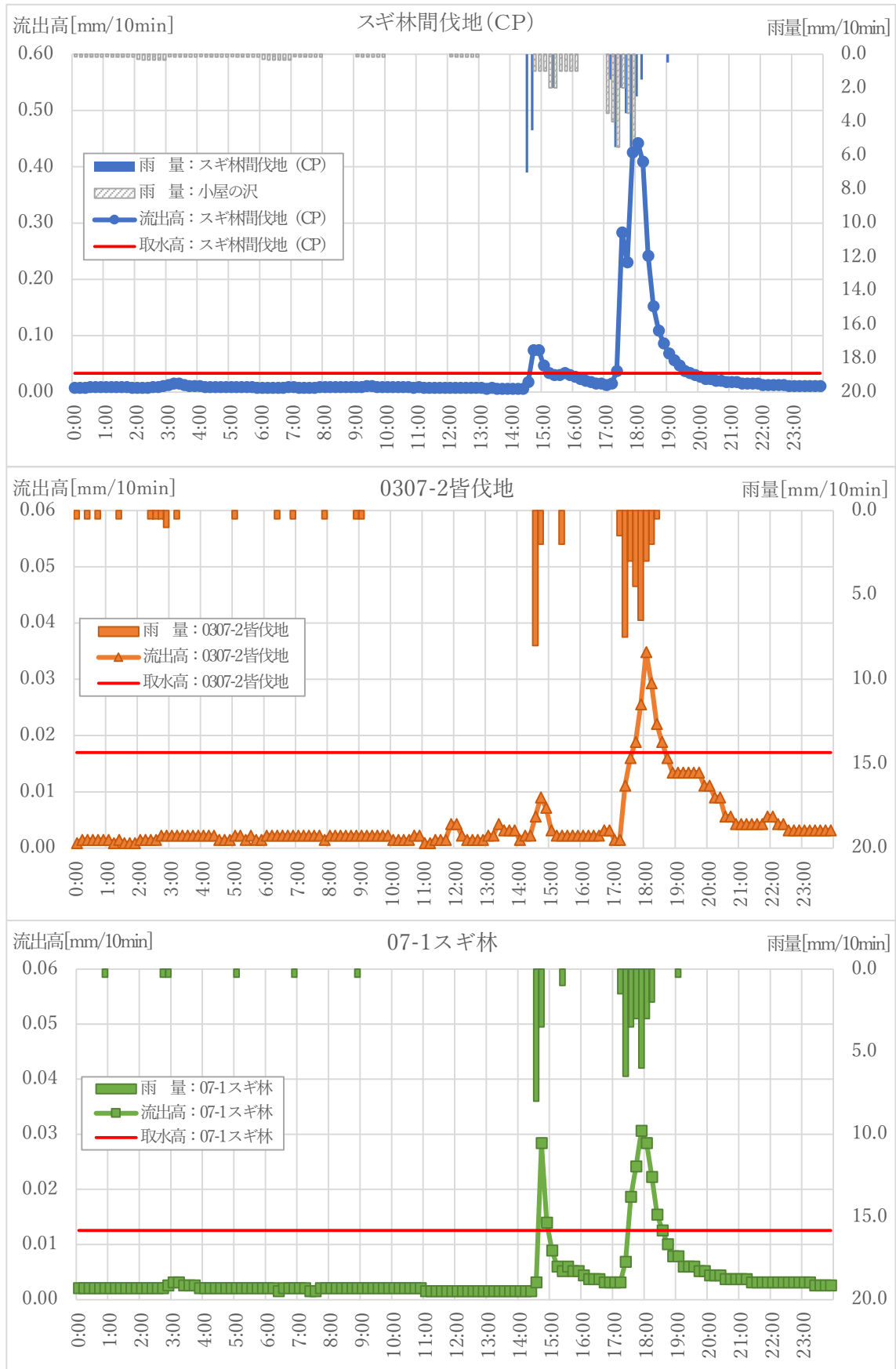


図 3-5 集水域別の雨量-流出高ハイドログラフ(令和 7 年 8 月 2 日)

### (3) 短時間の弱雨継続イベントにおける流出応答

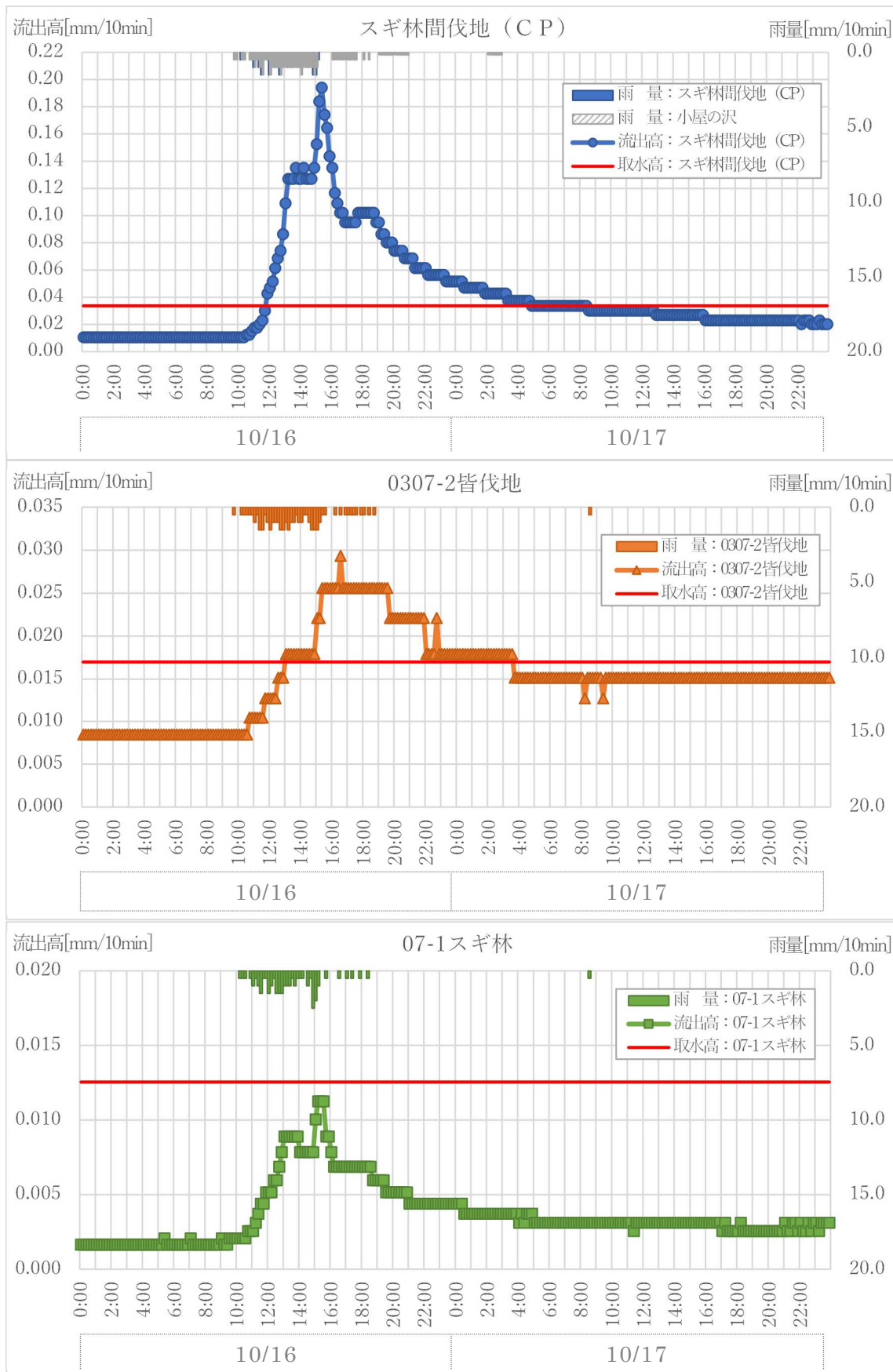


図 3-6 集水域別の雨量-流出高ハイドログラフ(令和 7 年 10 月 16 日・17 日)

(4) 長時間の弱雨継続イベントにおける流出応答

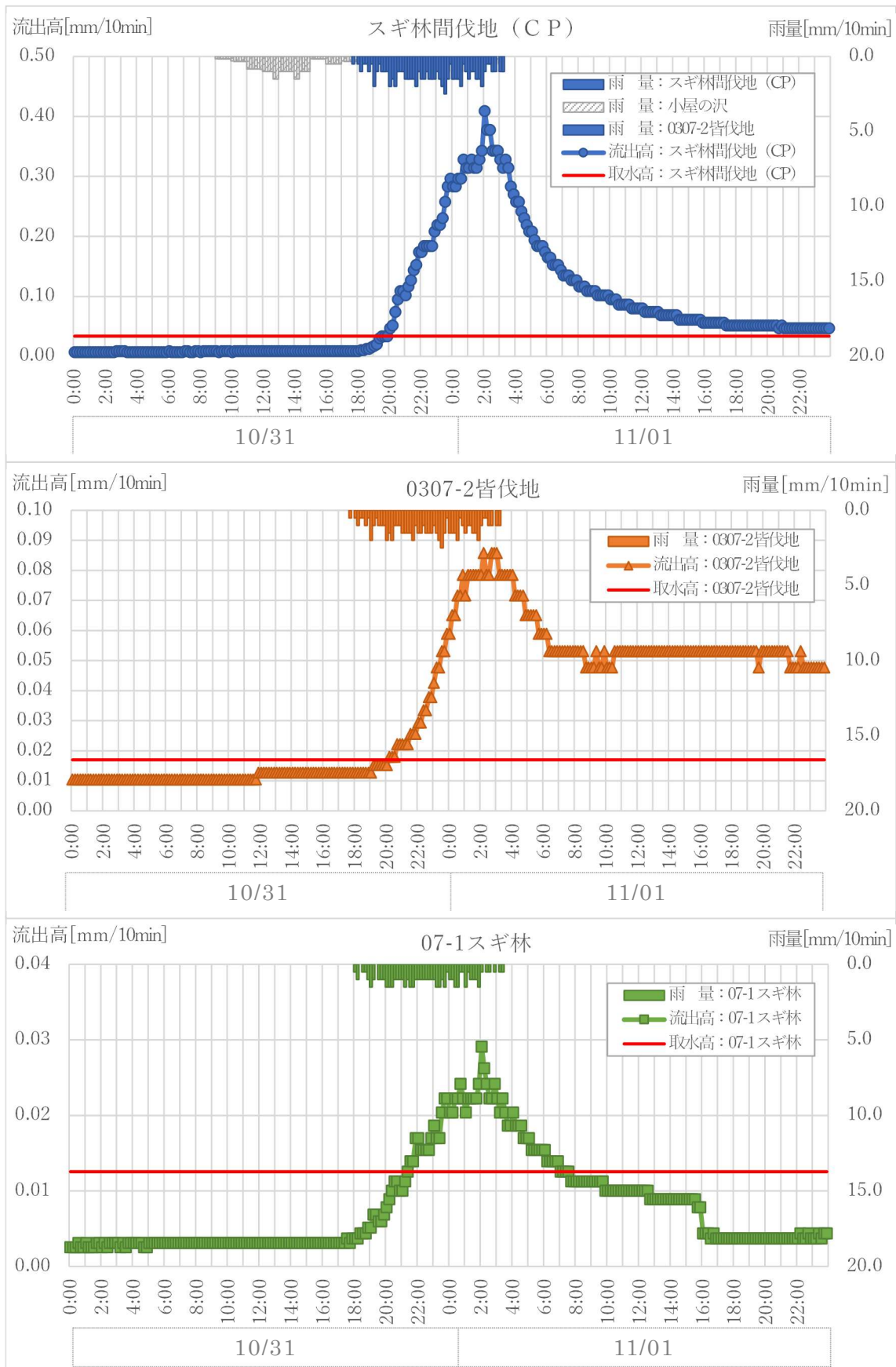


図 3-7 集水域別の雨量-流出高ハイドログラフ(令和 7 年 10 月 31 日・11 月 1 日)

### ◆ 降雨イベントに対する流出応答の考察

- 「スギ林間伐地(CP)」からの流出高と流域内に今年新たに設置した雨量計(新規雨量計)の雨量との流出率が63%、従来から設置している雨量計(従来雨量計:令和7年度は「07-1スギ林」用)の雨量との流出率が49%、「0307-2皆伐地」用に設置した雨量計の雨量との流出率が39%で高い値を示した。これらの雨量計がスギ林間伐地の下流側に設置されていることから、流域上流部での多くの降雨の可能性が思慮されたため、小屋の沢観測所の雨量も降雨イベントに含めて検討をおこなった。

表3-2 「スギ林間伐地(CP)」の流出率

| 期間流出高  | 期間雨量                          |                                      |             |           |
|--------|-------------------------------|--------------------------------------|-------------|-----------|
|        | 【新規雨量計】<br>スギ林間伐地<br>(CP)集水域内 | 【従来雨量計】<br>従来:スギ林間伐地用<br>R7:07-1スギ林用 | 【0307-2皆伐地】 | 【小屋の沢観測所】 |
| 305 mm | 485 mm                        | 620 mm                               | 791 mm      | 1,032 mm  |
| 流出率    | 63%                           | 49%                                  | 39%         | 30%       |

- 図3-3の月日毎の雨量－流出高のハイドログラフにおける雨量を見比べると4か所の雨量計ともほぼ同じ日に降雨があったことが分かる。さらに、図3-4～図3-7の10分間隔のハイドログラフでもほぼ同じ時間帯に同程度の降雨があったことが分かる。特に、今回、林床における降雨状況を把握するため「スギ林間伐地(CP)」の集水域内(林内)に雨量計(新規雨量計)を設置したところ、林内雨量は他地点の10分雨量の最大値と大きな差がなく、間伐により樹冠が開いたことで雨水が林床へ十分に到達していることが確認された。林床に雨水が適切に供給されることは、土壌への浸透や中間流の発達を通じて健全な水循環を維持する上で重要であり、この点からも森林整備(間伐)の効果が示唆される。
- 「スギ林間伐地(CP)」では、強い雨では立ち上がりは早く減衰が早くピーク流量も高い。このことは、「スギ林間伐地(CP)」が適切に間伐されていることを裏付けている。すなわち、適切に間伐が行われている森林では林床に光が入り通気性も良いため、土壌が乾きやすく中間流(浅い地下系流出)が非常に発達しやすい状況となっており、強い雨では土壌の吸収能力を超えて中間流が発生するため立ち上がりは早い。一方、弱い雨では土壌の浸透能が高く、少量の雨はすべて土壌に吸収されるため立ち上がりが緩やかになる。
- 「0307-2皆伐地」では、雨の強弱に関わらず立ち上がりの早さに比べて、減衰が緩やかになっている。このことは、皆伐後5年が経過し低木、草木が繁茂しており、浅い根系が水を保持するが、深層部まで水を引き込む力が弱いことから表層に貯蓄された水がゆっくり流れ出ることなどが考えられる。
- 「07-1スギ林」では、強い雨の時は立ち上がりは早い、弱い雨では立ち上がりは遅くなっている。また、いずれの応答でも極端にピーク流量が小さくなっている。このことは、「07-1スギ林」が未手入れ林分で樹冠がうっ閉していることを裏付けている。すなわち、弱い雨では樹冠でほとんど遮断され一部は蒸発し、林床に落ちてくるまでに時間がかかることや林床に届く水が少ない上、林床表面へ浸透する水もあることから、流出が起こり難いため、立ち上がりは遅くピークも低くなる。一方、樹冠保持量を超える強い雨では、大粒の雨滴が林床へ一気に落下し林床が飽和状態となり浅い表層流や中間流が発生するため、立ち上がりは早くなる。それでもピークが低いのは、樹冠で雨が分散され一気に落下する雨量が少なくなることと、落葉や腐植層が厚い林床がスポンジのように水を吸うことなどにより流出する水が抑えられるためと考えられる。

### 3.1.4. 降雨時調査の流量計算

降雨時の採水は自動採水器(4.1.4 水質調査参照)で行っており、取水口の高さを超える流量<sup>18</sup>時には採水タンク内で流水が攪拌しながら流入と流出が継続することから、この通水期間における推定流量データを抽出し、その平均値を降雨時の流量とした。

なお、調査対象期間において当該の推定流量計測状況は表 3-3 のとおり。

表 3-3 各調査地における通水期間と推定流量

|             |                             | 該当日   | 該当時間帯 |       | 計測回数  | 推定流量計  | 平均流量   | 最大流量    |         |
|-------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|
| スギ林間伐地 (CP) | 第 1 回目<br>降雨時<br>調査<br>通水期間 | 6/26  | 14:20 | ～     | 17:00 | 17     | 6,352  | 373.6   | 835.9   |
|             |                             | 7/02  | 15:00 | ～     | 16:10 | 8      | 2,296  | 287.0   | 746.4   |
|             |                             | 7/04  | 16:20 |       |       | 1      | 139    | 138.6   | 138.6   |
|             |                             | 7/09  | 14:40 | ～     | 15:10 | 4      | 721    | 180.3   | 308.2   |
|             |                             | 7/09  | 17:30 | ～     | 19:40 | 14     | 4,296  | 306.9   | 533.3   |
|             |                             | 7/14  | 9:48  | 実 施 分 |       | 44     | 13,804 | 314.7   |         |
|             | 第 2 回目                      | 8/02  | 14:40 | ～     | 15:40 | 5      | 852    | 170.4   | 240.5   |
|             |                             | 8/02  | 17:20 | ～     | 19:40 | 15     | 8,621  | 574.8   | 1,432.7 |
|             |                             | 8/04  | 11:24 | 実 施 分 |       | 20     | 9,473  | 473.7   |         |
|             | 第 3 回目                      | 10/11 | 16:00 | ～     | 16:50 | 6      | 655.2  | 109.2   | 109.2   |
|             |                             | 10/11 | 17:20 | ～     | 23:50 | 40     | 11,512 | 287.8   | 377.8   |
|             |                             | 10/12 | 0:00  | ～     | 14:40 | 89     | 14,601 | 164.1   | 353.6   |
|             |                             | 10/16 | 11:50 | ～     | 23:50 | 73     | 22,074 | 302.4   | 628.9   |
|             |                             | 10/17 | 0:00  | ～     | 8:20  | 51     | 6,463  | 126.7   | 167.2   |
|             |                             | 10/17 | 12:37 | 実 施 分 |       | 259    | 55,305 | 213.5   |         |
|             | 第 4 回目                      | 10/26 | 7:40  | ～     | 8:00  | 3      | 340    | 113.2   | 121.3   |
|             |                             | 10/26 | 15:50 | ～     | 16:00 | 2      | 218    | 109.2   | 109.2   |
|             |                             | 10/26 | 20:00 | ～     | 23:50 | 24     | 3,147  | 131.1   | 152.5   |
|             |                             | 10/27 | 0:00  | ～     | 0:30  | 4      | 437    | 109.2   | 109.2   |
|             |                             | 10/31 | 19:30 | ～     | 23:50 | 27     | 13,048 | 483.3   | 960.1   |
| 11/01       |                             | 0:00  | ～     | 23:50 | 144   | 59,663 | 414.3  | 1,325.6 |         |
| 11/02       |                             | 0:00  | ～     | 15:50 | 96    | 11,585 | 120.7  | 152.5   |         |
| 11/14       |                             | 13:16 | 実 施 分 |       | 300   | 88,438 | 294.8  |         |         |
| 0307-2 皆伐地  | 第 1 回目                      | 8/02  | 17:40 | ～     | 18:30 | 6      | 319    | 53.2    | 74.3    |
|             |                             | 8/04  | 10:38 | 実 施 分 |       | 6      | 319    | 53.2    |         |
|             | 第 2 回目                      | 10/11 | 22:00 | ～     | 23:50 | 12     | 467    | 38.9    | 47.1    |
|             |                             | 10/12 | 0:00  | ～     | 6:30  | 40     | 1,644  | 41.1    | 47.1    |
|             |                             | 10/16 | 13:00 | ～     | 23:50 | 66     | 3,104  | 47.0    | 62.5    |
|             |                             | 10/17 | 0:00  | ～     | 3:30  | 22     | 840    | 38.2    | 38.2    |
|             |                             | 10/26 | 7:40  | ～     | 8:00  | 3      | 115    | 38.2    | 38.2    |
|             |                             | 10/26 | 15:50 | ～     | 16:00 | 2      | 94     | 47.1    | 47.1    |
|             |                             | 10/26 | 20:00 | ～     | 23:50 | 24     | 1,153  | 48.0    | 54.5    |
|             |                             | 10/27 | 0:00  | ～     | 0:30  | 4      | 188    | 47.1    | 47.1    |
|             |                             | 10/31 | 20:10 | ～     | 23:50 | 23     | 1,588  | 69.0    | 125.5   |
|             |                             | 11/01 | 0:00  | ～     | 23:50 | 144    | 17,636 | 122.5   | 182.7   |
|             |                             | 11/02 | 0:00  | ～     | 15:50 | 96     | 8,969  | 93.4    | 101.6   |
|             |                             | 11/14 | 10:21 | 実 施 分 |       | 436    | 35,798 | 82.1    |         |
| 07-1 スギ林    | 第 1 回目                      | 6/26  | 14:20 | ～     | 15:10 | 6      | 1,373  | 228.9   | 465.4   |
|             |                             | 7/02  | 15:10 |       |       | 1      | 109    | 109.2   | 109.2   |
|             |                             | 7/09  | 17:40 |       |       | 1      | 113    | 113.2   | 113.2   |
|             |                             | 7/14  | 11:03 | 実 施 分 |       | 8      | 1,595  | 199.4   |         |
|             | 第 2 回目                      | 8/02  | 14:40 | ～     | 14:50 | 2      | 368    | 184.1   | 246.9   |
|             |                             | 8/02  | 17:30 | ～     | 18:30 | 7      | 1,323  | 189.0   | 266.4   |
|             |                             | 8/04  | 12:40 | 実 施 分 |       | 9      | 1,691  | 187.9   |         |
|             | 第 3 回目                      | 10/31 | 21:20 | ～     | 23:50 | 16     | 2,354  | 147.1   | 193.5   |
|             |                             | 11/01 | 0:00  | ～     | 7:30  | 46     | 7,618  | 165.6   | 253.3   |
|             |                             | 11/14 | 12:12 | 実 施 分 |       | 62     | 9,972  | 160.8   |         |

<sup>18</sup> 取水口の高さを超える流量:取水口の高さは、直角三角堰から「スギ林間伐地(CP)」と「07-1 スギ林」では7.0cm、「0307-2 皆伐地」では4.5cmに設置している(4.参考資料、4.1.3.流量調査図 4-1 直角三角堰と水位の関係を参照)ことから、その時の推定流量以上が取水口の高さを超える流量である。

取水口の高さにおける流量:「スギ林間伐地(CP)」、「07-1 スギ林」では109.2L/min。「0307-2 皆伐地」では36.2L/min。

取水口7.0cm及び4.5cm時の流量(Q1,Q2)は『トムソンの流量公式』より算出

→スギ林間伐地(CP)・07-1 スギ林(Q1)= $1.404 \times 7.0^{5/2} \times 10^{-2} \times 60 = 109.21$ 、0307-2 皆伐地(Q2)= $1.404 \times 4.5^{5/2} \times 10^{-2} \times 60 = 36.18$

### 3.1.5. 期間負荷量の算出

集水域から流出する汚濁負荷の物質量を把握するために、降雨時および定期観測における流量調査結果(Q)と水質調査結果(L)から、LQ式(L=aQ<sup>b</sup>)を求め<sup>19</sup>連続流量データに適用し、調査期間における負荷量合計(期間負荷量)を算出した。

負荷量は、定期調査と降雨時調査を行っている6月～11月までの期間と、定期調査のみを行っている(雨量が少ない)11月～12月までの期間をそれぞれ求めた。

表 3-4 調査結果におけるLQ式の算出

|            |           | SS      |         | COD     |         | D-COD   |         | T-N     |         | D-T-N   |         | T-P     |         | D-T-P   |         | 流量<br>Q |       |
|------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
|            |           | C       | L       | C       | L       | C       | L       | C       | L       | C       | L       | C       | L       | C       | L       |         |       |
|            |           | mg/L    | mg/min  | mg/L    | mg/min  | mg/L    | mg/min  | mg/L    | mg/min  | mg/L    | mg/min  | mg/L    | mg/min  | mg/L    | mg/min  |         | L/min |
| スギ林間伐地(CP) | 7/14 降雨時  | 120     | 37764   | 63      | 19826.1 | 16      | 5035.2  | 1.2     | 377.64  | 0.28    | 88.116  | 0.079   | 24.8613 | 0.003   | 0.9441  | 314.7   |       |
|            | 7/25 定期   | <1      | 19.4    | 2.1     | 40.74   | 2.1     | 40.74   | 0.14    | 2.716   | 0.12    | 2.328   | 0.01    | 0.194   | 0.009   | 0.1746  | 19.4    |       |
|            | 8/4 降雨時   | 100     | 47370   | 50      | 23685   | 14      | 6631.8  | 0.93    | 440.541 | 0.33    | 156.321 | 0.098   | 46.4226 | 0.006   | 2.8422  | 473.7   |       |
|            | 10/17 降雨時 | 58      | 12383   | 28      | 5978    | 8       | 1708    | 0.44    | 93.94   | 0.15    | 32.025  | 0.036   | 7.686   | <0.003  | 0.6405  | 213.5   |       |
|            | 11/14 定期  | <1      | 28.34   | 1.7     | 48.178  | 1.7     | 48.178  | 0.05    | 1.417   | 0.05    | 1.417   | 0.008   | 0.22672 | 0.007   | 0.19838 | 28.34   |       |
|            | 11/14 降雨時 | 52      | 15329.6 | 23      | 6780.4  | 7.7     | 2269.96 | 0.35    | 103.18  | 0.12    | 35.376  | 0.021   | 6.1908  | <0.003  | 0.8844  | 294.8   |       |
|            | 12/23 定期  | <1      | 23.32   | 1.6     | 37.312  | 1.6     | 37.312  | 0.06    | 1.3992  | 0.05    | 1.166   | 0.008   | 0.18656 | 0.007   | 0.16324 | 23.32   |       |
|            | a         | b       | 0.00587 | 2.6463  | 0.04775 | 2.1584  | 0.20427 | 1.6907  | 0.00585 | 1.816   | 0.01731 | 1.4282  | 0.00097 | 1.6859  | 0.01666 | 0.7374  |       |
|            | 決定係数      |         | 0.9907  |         | 0.9870  |         | 0.9892  |         | 0.9590  |         | 0.9554  |         | 0.9665  |         | 0.9191  |         |       |
|            | 0307-2皆伐地 | 7/25 定期 | <1      | 10.98   | 0.5     | 5.49    | 0.5     | 5.49    | 0.78    | 8.5644  | 0.75    | 8.235   | <0.003  | 0.03294 | <0.003  | 0.03294 | 10.98 |
| 8/4 降雨時    | 24        | 1276.8  | 21      | 1117.2  | 12      | 638.4   | 0.77    | 40.964  | 0.52    | 27.664  | 0.05    | 2.66    | 0.004   | 0.2128  | 53.2    |         |       |
| 11/14 定期   | <1        | 27.75   | 0.6     | 16.65   | 0.5     | 13.875  | 1       | 27.75   | 0.97    | 26.9175 | 0.003   | 0.08325 | 0.003   | 0.08325 | 27.75   |         |       |
| 11/14 降雨時  | 4         | 328.4   | 3.8     | 311.98  | 2.9     | 238.09  | 0.55    | 45.155  | 0.52    | 42.692  | <0.003  | 0.2463  | <0.003  | 0.2463  | 82.1    |         |       |
| 12/23 定期   | <1        | 17.26   | 0.7     | 12.082  | 0.6     | 10.356  | 0.95    | 16.397  | 0.92    | 15.8792 | <0.003  | 0.05178 | <0.003  | 0.05178 | 17.26   |         |       |
| a          | b         | 0.0389  | 2.227   | 0.01009 | 2.5222  | 0.01522 | 2.332   | 1.47333 | 0.8173  | 1.76441 | 0.7317  | 0.00065 | 1.6171  | 0.00257 | 1.0631  |         |       |
| 決定係数       |           | 0.7745  |         | 0.8028  |         | 0.8163  |         | 0.9306  |         | 0.8936  |         | 0.5670  |         | 0.9819  |         |         |       |
| 07-1スギ林    | 7/14 降雨時  | 780     | 155532  | 270     | 53838   | 9.9     | 1974.06 | 3.9     | 777.66  | 0.32    | 63.808  | 0.71    | 141.574 | 0.006   | 1.1964  | 199.4   |       |
| 7/25 定期    | 2         | 14.62   | 5.3     | 38.743  | 4.4     | 32.164  | 0.26    | 1.9006  | 0.26    | 1.9006  | 0.013   | 0.09503 | 0.009   | 0.06579 | 7.31    |         |       |
| 8/4 降雨時    | 830       | 155957  | 270     | 50733   | 13      | 2442.7  | 4.5     | 845.55  | 0.77    | 144.683 | 0.7     | 131.53  | 0.025   | 4.6975  | 187.9   |         |       |
| 11/14 定期   | 1         | 30.04   | 2.1     | 63.084  | 1.5     | 45.06   | 0.19    | 5.7076  | 0.19    | 5.7076  | 0.006   | 0.18024 | <0.003  | 0.09012 | 30.04   |         |       |
| 11/14 降雨時  | 650       | 104520  | 230     | 36984   | 3.4     | 546.72  | 2.4     | 385.92  | 0.44    | 70.752  | 0.31    | 49.848  | <0.003  | 0.4824  | 160.8   |         |       |
| 12/23 定期   | <1        | 8.56    | 1.6     | 13.696  | 1.5     | 12.84   | 0.1     | 0.856   | 0.1     | 0.856   | 0.003   | 0.02568 | <0.003  | 0.02568 | 8.56    |         |       |
| a          | b         | 0.00911 | 3.1056  | 0.07890 | 2.5011  | 0.90761 | 1.3868  | 0.01511 | 2.0188  | 0.07420 | 1.3488  | 0.00018 | 2.4875  | 0.00318 | 1.1542  |         |       |
| 決定係数       |           | 0.9359  |         | 0.9367  |         | 0.9078  |         | 0.9647  |         | 0.9569  |         | 0.9408  |         | 0.8280  |         |         |       |

表 3-5 期間負荷量(令和7年6月17日～11月13日)

|            | 単位    | SS     | COD    | D-COD | T-N    | D-T-N  | T-P    | D-T-P  | 雨量   |
|------------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|------|
| スギ林間伐地(CP) | kg    | 432.06 | 173.19 | 53.43 | 2.9997 | 1.1962 | 0.2480 | 0.0559 | 486* |
| (3.24 ha)  | kg/ha | 133.35 | 53.45  | 16.49 | 0.9258 | 0.3692 | 0.0765 | 0.0172 | 620  |
| 0307-2皆伐地  | kg    | 14.69  | 12.41  | 8.71  | 3.6337 | 3.3188 | 0.0245 | 0.0141 | 791  |
| (2.13 ha)  | kg/ha | 6.90   | 5.83   | 4.09  | 1.7060 | 1.5581 | 0.0115 | 0.0066 | mm   |
| 07-1スギ林    | kg    | 216.45 | 119.56 | 17.23 | 3.1121 | 1.2293 | 0.2642 | 0.0265 | 620  |
| (8.70 ha)  | kg/ha | 24.88  | 13.74  | 1.98  | 0.3577 | 0.1413 | 0.0303 | 0.0030 | mm   |

※スギ林間伐地(CP)の雨量:上段は林内設置の雨量計、下段は従来設置の雨量計

表 3-6 期間負荷量(令和7年11月14日～12月22日)

|            | 単位    | SS    | COD   | D-COD | T-N    | D-T-N  | T-P    | D-T-P  | 雨量 |
|------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|----|
| スギ林間伐地(CP) | kg    | 4.27  | 5.41  | 4.13  | 0.1865 | 0.1358 | 0.0193 | 0.0115 |    |
| (3.24 ha)  | kg/ha | 1.32  | 1.67  | 1.27  | 0.0575 | 0.0419 | 0.0060 | 0.0036 |    |
| 0307-2皆伐地  | kg    | 4.16  | 3.29  | 2.41  | 1.1277 | 1.0189 | 0.0076 | 0.0045 |    |
| (2.13 ha)  | kg/ha | 1.95  | 1.54  | 1.13  | 0.5294 | 0.4784 | 0.0036 | 0.0021 |    |
| 07-1スギ林    | kg    | 20.95 | 19.11 | 4.23  | 0.6382 | 0.3042 | 0.0426 | 0.0068 |    |
| (8.70 ha)  | kg/ha | 2.41  | 2.20  | 0.49  | 0.0734 | 0.0335 | 0.0049 | 0.0008 |    |

<sup>19</sup> LQ式は、logL=A+B×logQの回帰式から求めた。係数aは10<sup>A</sup>、係数bはBを用いて、L=a×Q<sup>b</sup>として算出した。  
Lは採水時瞬間の負荷量で、分析項目の濃度(C)×流量(Q)の値。

表 3-7【参考】令和 6 年度の期間負荷量(令和 6 年 7 月 10 日～10 月 31 日)

|            | 単位    | SS    | COD   | D-COD | T-N   | D-T-N | T-P   | D-T-P | 雨量  |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| スギ林間伐地(CP) | kg    | 2,212 | 526.2 | 44.5  | 10.62 | 1.03  | 0.593 | 0.043 | 484 |
| (3.24 ha)  | kg/ha | 683   | 162.4 | 13.7  | 3.28  | 0.32  | 0.183 | 0.013 | mm  |

#### ◆ 期間負荷量の考察

- SS や COD の期間負荷量は、「0307-2 皆伐地」<「07-1 スギ林」<「スギ林間伐地(CP)」の傾向が見られた。前述 2.2.のとおり総流出量も「0307-2 皆伐地」<「スギ林間伐地(CP)」であることから、負荷量の違いは流量の影響によるものと考えられる。さらに、1ha 当たり負荷量(kg/ha)でも「0307-2 皆伐地」<「07-1 スギ林」<「スギ林間伐地(CP)」の傾向が見られ(表 3-5)、比流出量(m<sup>3</sup>/ha)が「07-1 スギ林」<「0307-2 皆伐地」<「スギ林間伐地(CP)」であることから(表 2-7)、水質濃度の結果(図 2-7)が示すとおり森林整備の施業履歴のない林分を集水域とする「07-1 スギ林」の負荷濃度(kg/m<sup>3</sup>)が高いことが示唆された。
- 「スギ林間伐地(CP)」は、D-CODが非常に多く、さらに、T-N、T-Pに占めるD-T-N、D-T-Pの比率が高く溶解成分の流出が多いことから、表面流は少なく地下系流出(中間流や伏流水)が主体で、腐植層の分解や硝化作用が進み、間伐後の光環境の改善による微生物の活動が活発化し盛んに窒素やリンの生き物間の移動が行われている状況と考えられる。また、令和7年度の「スギ林間伐地(CP)」では、令和6年度と比べてSS:20%、COD:33%、T-N:28%、T-P:42%と全体量・粒子成分の負荷量が大きく減少した一方で、D-COD:121%、D-T-N:116%、D-T-P:130%と溶解成分の負荷量は増加している。期間雨量は620mmと484mm(従来設置の雨量計で比較)で増えていることから、この変化は降雨条件の違いによるものではなく、間伐後数年を経て林床や土壌が安定し、土砂や粒子状有機物の流出が抑制される一方、腐植層の分解や硝化作用、リンの可溶化が進行し、溶解性の窒素・リン・有機物が地下系流出(中間流や伏流水)を通じて供給されやすくなっていることを示している。「スギ林間伐地(CP)」は土砂流出リスクの低い浸透型流域へと移行しつつあり、土壌内部では窒素やリンの生き物間の移動がより活発化している段階にあると推察される。
- 「0307-2皆伐地」は、SS、CODが極端に少なく、土砂流出はほぼゼロで林床が安定し表面流がほとんどない状況である。皆伐後5年が経過しアカメガシワ、ヤシヤブシ、タラノキ、ウツギ類等の低木や草本類が繁茂しており、林床に落下する雨滴による直接流出が少ないと考えられる。さらに、T-Nが高くほぼすべてD-T-Nであることから、高木性の樹木がないために窒素の吸収が弱く硝酸態窒素が溶解して流れ出ていると考えられる。
- 「07-1スギ林」は、全体的に負荷量が少なく表面流や地下系流出の発生が少ないことが伺える。このことから、うっ閉した樹冠や葉に雨が一時的に保持され林床に落ちてくるまでに時間がかかることから表面流が出難いことが考えられる。さらに、林床が暗く下層植生が少なく裸地化している窪地や締まった表層などに雨水が留まり、長年の落葉、腐植の蓄積で表層がスポンジのように保水力が高く、地下水としてゆっくり流れていることが伺える。降雨時の水質で「07-1スギ林」が突出して懸濁成分が増加しているのは、留まっている水に浮遊している微細な有機物や土壌粒子が、降雨時に流れているためと考えられる。
- 6月～11月までの負荷量と11月～12月までの負荷量では、調査期間が異なるものの11月～12月までの負荷量の方が小さい傾向が見られた。11月～12月の少雨期間に負荷量が減少したことから、降雨の影響の大きさが改めて浮き彫りとなった。

### 3.2. 汚濁負荷における溶解成分量と懸濁成分量の関係性

令和7年度の汚濁負荷量について、溶解成分量が全量に占める割合を求めたところ図3-8のとおりであった。

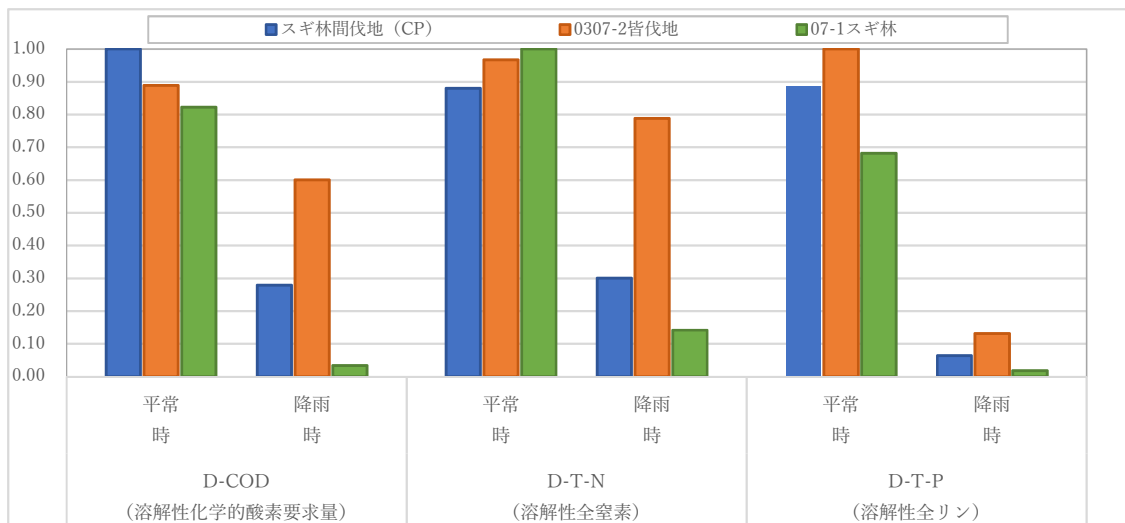


図 3-8 各項目における全量に占める溶解成分量の割合

#### ◆ 全量中の溶解成分量の割合の傾向

- 平常時においては、溶解成分量の割合がおおむね7割以上となっている。
- 降雨時においては、「スギ林間伐地 (CP)」と「07-1スギ林」では溶解成分量の割合が低く3割以下であるが、「0307-2皆伐地」ではD-CODとD-T-Nの割合が高い。

平常時と降雨時における溶解性成分量の平均濃度は、図3-9のとおりであった。参考に、第7期計画における水質目標値を赤線で記載した。

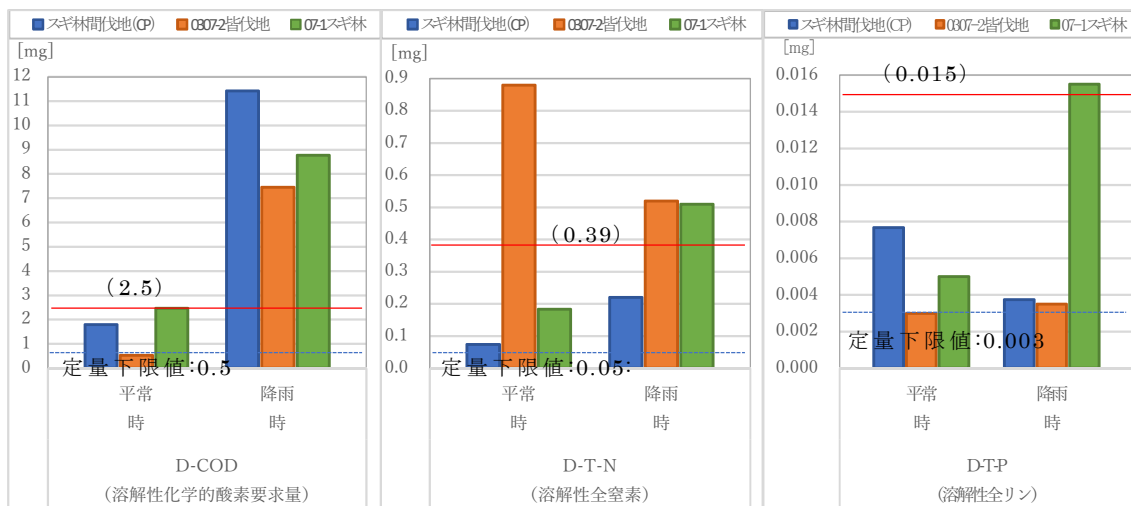


図 3-9 各項目における溶解成分量の平均値 (単位 mg/L)

#### ◆ 溶解成分量平均値の傾向

- 「スギ林間伐地 (CP)」では、令和6年度同様D-COD及びD-T-Nが平常時<降雨時、D-T-Pが平常時>降雨時であった。また、平常時のD-CODは第7期計画における水質目標値を下回っている。

### 3.3. 「スギ林間伐地(CP)」における森林整備の影響

平成23年度と令和2年度に実施された森林整備(間伐)による影響を検証するため、森林整備以降の各調査年度※における水質濃度を比較した。なお、比較は降雨の影響が少ない平常水位において行った。

表3-8 「スギ林間伐地(CP)」における平常水位の水質濃度

| 調査年度               | 単位   | SS | COD | D-COD | T-N  | D-T-N | T-P   | D-T-P |
|--------------------|------|----|-----|-------|------|-------|-------|-------|
| 平成23年度に間伐施業        |      |    |     |       |      |       |       |       |
| 平成24年度             | mg/L | 1  | 1.9 | 1.8   | 0.08 | -     | 0.018 | -     |
| 平成25年度             | mg/L | 1  | 2.0 | 1.8   | 0.06 | -     | 0.008 | -     |
| 平成26年度             | mg/L | 1  | 1.9 | 1.7   | 0.07 | -     | 0.013 | -     |
| 平成27年度             | mg/L | 1  | 1.9 | 1.7   | 0.06 | -     | 0.005 | -     |
| 平成28年度             | mg/L | 1  | 2.0 | 1.9   | 0.05 | -     | 0.005 | -     |
| 平成29年度             | mg/L | 1  | 2.1 | 1.8   | 0.05 | -     | 0.006 | -     |
| 平成30年度             | mg/L | 1  | 1.9 | 1.7   | 0.06 | -     | 0.007 | -     |
| 令和元年度              | mg/L | 1  | 1.8 | 1.5   | 0.05 | -     | 0.005 | -     |
| 令和2年度              | mg/L | 1  | 1.8 | 1.5   | 0.05 | -     | 0.007 | -     |
| 令和3年1月中旬～2月上旬に間伐施業 |      |    |     |       |      |       |       |       |
| [令和3年2～3月]         | mg/L | 1  | 2.9 | 2.6   | 0.07 | -     | 0.005 | -     |
| 令和3年度              | mg/L | 1  | 1.9 | 1.8   | 0.06 | -     | 0.007 | -     |
| 令和4年度              | mg/L | 1  | 2.0 | 1.9   | 0.05 | -     | 0.008 | -     |
| 令和5年度              | mg/L | 1  | 1.9 | 1.8   | 0.07 | 0.06  | 0.008 | 0.007 |
| 令和6年度              | mg/L | 1  | 2.3 | 2.1   | 0.06 | 0.06  | 0.008 | 0.007 |
| 令和7年度              | mg/L | 1  | 1.9 | 1.7   | 0.08 | 0.07  | 0.009 | 0.008 |

※各調査年度は6月或いは7月～翌年1月。数値は定期調査時採水の平均値

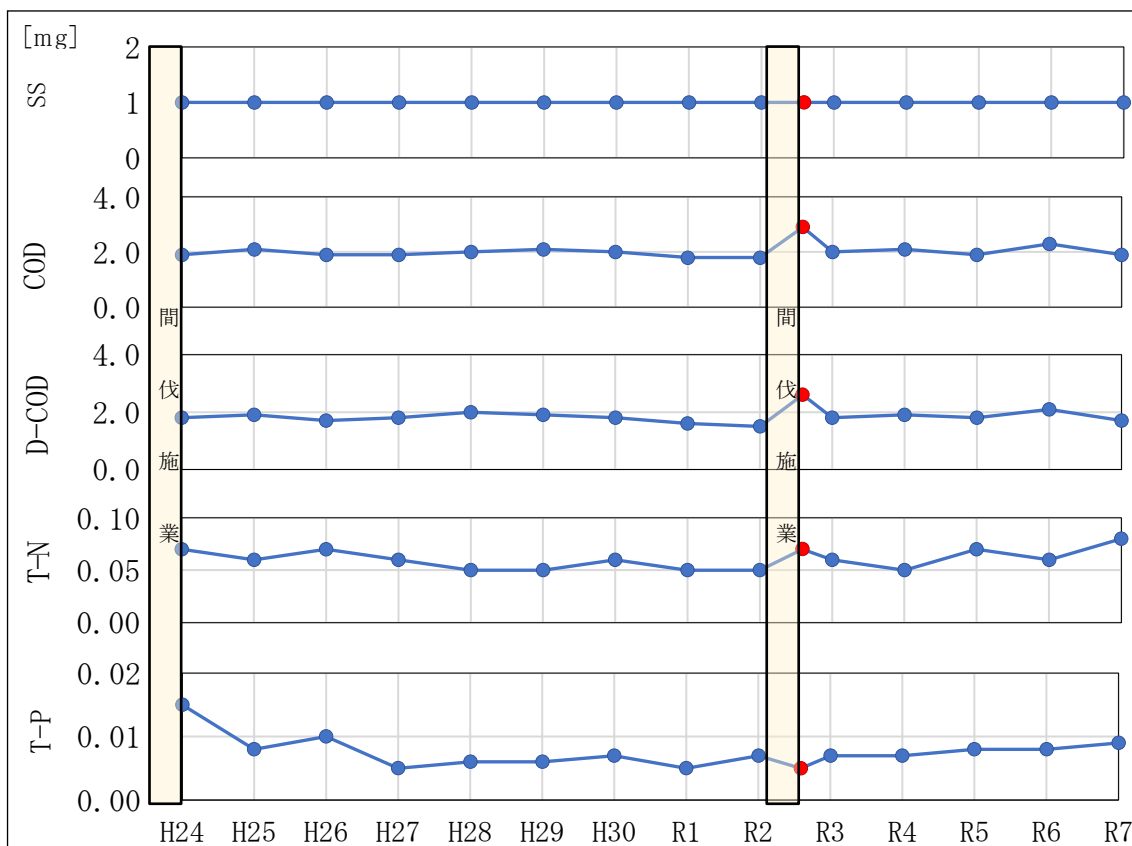


図 3-10 「スギ林間伐地(CP)」における平常水位の水質濃度の推移

◆ 汚濁負荷(水質濃度)に対する森林整備の影響の考察

- 平常水位では、各水質項目の濃度は間伐直後から安定しており、年度間で大きな差は見られなかった。ただし、T-Nについては、他の水質項目と比べて微増している可能性が示唆された。
- 水質濃度でも期間負荷量と同じ傾向が示されており、令和7年度の調査ではCODとD-CODの濃度が低下していることから、有機物の供給が落ち着き、土壌が安定してきていることが示唆される。一方、T-NとT-Pの濃度が間伐後微増している可能性があることから、土壌中の可溶性の窒素・リンが増加し中間流や伏流水に混ざりやすくなっていると考えられる。
- 間伐で大量に発生した枝葉・細い幹・落葉等の腐植化が進み土壌中に窒素・リンを供給していると考えられるが、間伐後5年が経過しており今後さらに腐植が進むと思われる。
- 森林整備により下層植生が写真3-1のように繁茂することで、土砂流出抑制によるSSやCODの負荷量減少や窒素やリン等の消費量の増加によるT-NやT-Pの負荷量減少が期待されることから、水質改善効果を見逃さないためにも、継続的な調査が重要と考えられる。



写真 3-1 「スギ林間伐地(CP)」における林況の変化

### 3.4. 「スギ林間伐地(CP)」と釜房ダム流入河川の環境基準点との比較

「スギ林間伐地(CP)」の平常水位における水質濃度と釜房湖に流入する河川の水質濃度を比較した。前述の令和7年度の水質調査の結果でも平常水位と降雨時の水質濃度が大きく変化することが示されており、降雨による汚濁負荷への影響が大きいことが分かっている。さらに、小面積の集水域では、降雨以外の気温、水温、湿度、日射等の気象条件の影響の可能性も検証する必要があるが、降雨以外の気象条件の影響を受け難い河川の水質調査の推移と継続的に比較することで、降雨以外の気象条件の影響を除いた検証を行った。

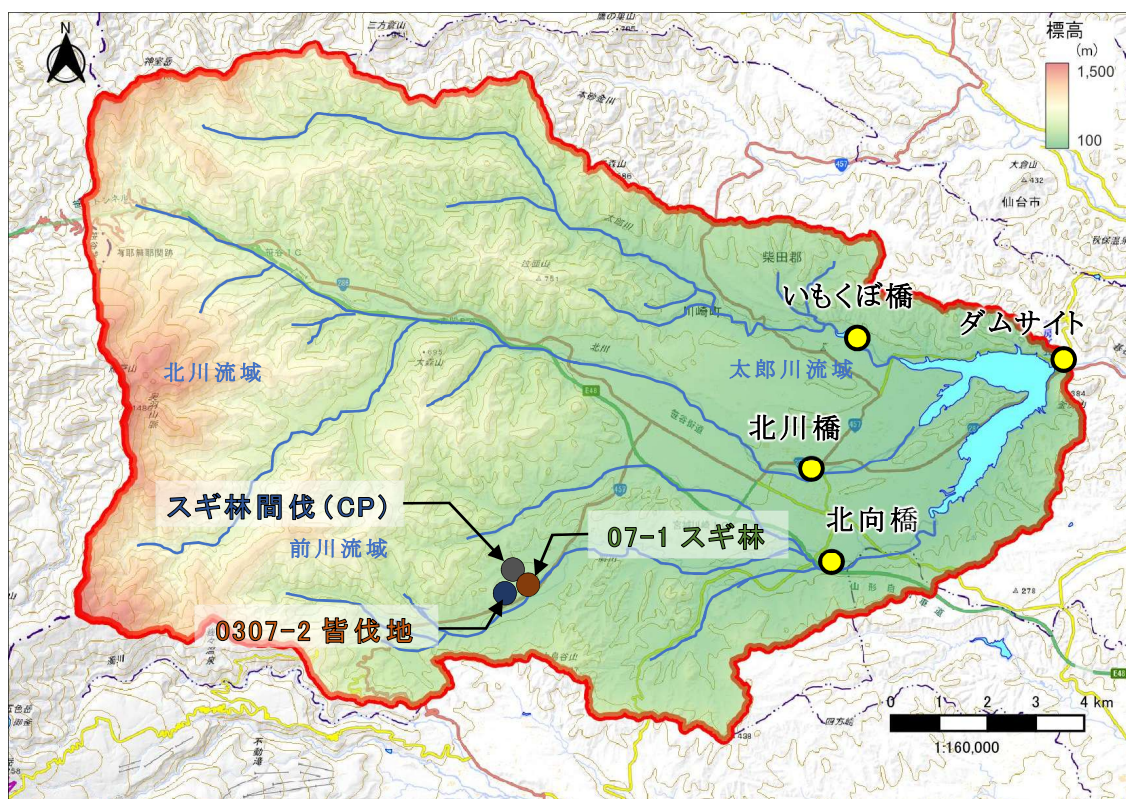


図 3-11 調査地点及び環境基準点位置図<sup>20</sup>

#### 3.4.1. 各調査年度における平均水質濃度の比較

釜房湖に流入する河川の水質を監視する環境基準点として、釜房ダム貯水池内の「ダムサイト」、碁石川(通称太郎川)に架かる「いもくぼ橋」、北川に架かる「北川橋」、前川に架かる「北向橋」があり、これらの環境基準点では1971(昭和46)年7月6日から現在まで毎月1回以上の測定が行われている。

これら 4 地点における釜房ダム貯水池及び河川と「スギ林間伐地(CP)」の平均水質濃度について、平成 24 年度(調査開始年度)以降の推移を検証した。

<sup>20</sup> 地理院タイル・標準地図(国土地理院)を加工して作成

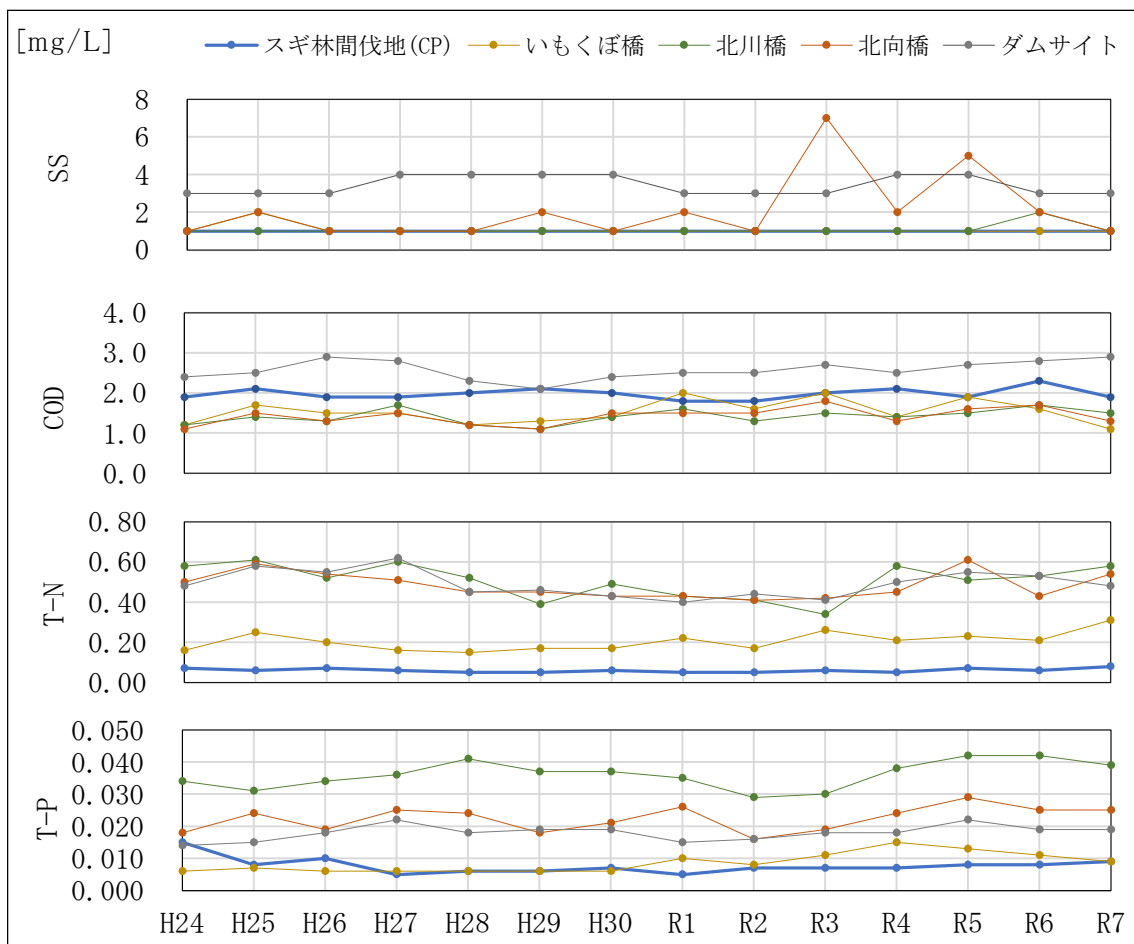


図 3-12 各調査年度における「スギ林間伐地 (CP)」と環境基準点の平均水質濃度<sup>21</sup>

◆ 「スギ林間伐地 (CP)」、釜房ダム貯水池、流入河川の水質濃度推移の考察

- SSは、「スギ林間伐地 (CP)」では各調査年度とも1mg/Lで平常水位では水中に浮遊している粒子状の物質の流出は軽微である。また、碁石川 (いもくぼ橋) と北川 (北川橋) も1~2mg/Lで推移している。一方、前川 (北向橋) は令和3、5年度に急増している。
- CODは、3河川に比べ「スギ林間伐地 (CP)」とダムサイトが高い濃度となっている。「スギ林間伐地 (CP)」では、SSが低くCODが高い傾向であり粒子物質の流出ではなく土壌中の溶存有機物の溶出が増加していることから、平常水位では表面流の発生は小さく、伏流水や中間流などの地下系の流出が多い可能性がある。
- T-Nは、令和2~3年度以降、3河川、ダムサイトにおいて増加傾向で「スギ林間伐地 (CP)」でも微増している可能性がある。
- T-Pは、低い値で安定しているが、SS、CODが低く安定している北川 (北川橋) において、やや高めの濃度で推移している。

<sup>21</sup> 国土交通省、水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp>)、令和8年2月13日のデータを引用

### 3.4.2. 「スギ林間伐地 (CP)」と前川 (北向橋) の水質濃度比較

「スギ林間伐地 (CP)」は平成 23 年度及び令和 2 年度に間伐施業が実施されており、水質濃度は、調査年度による気象条件に加え森林整備による影響を受けていると考えられることから、同じ流域で距離が近い前川 (北向橋) との水質濃度の比率を求め、調査年度による変動を検証した。

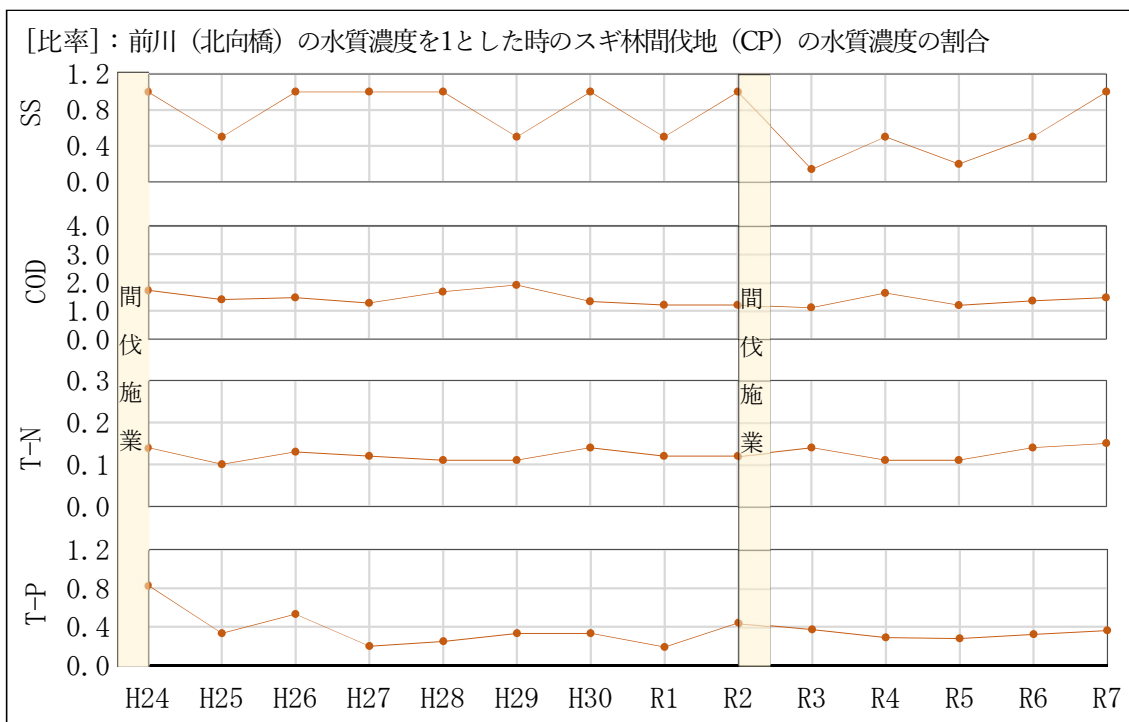


図 3-13 各調査年度における「スギ林間伐地 (CP)」と前川 (北向橋) の水質濃度比<sup>20</sup> <前川 (北向橋) の水質濃度を 1 とした時の「スギ林間伐地 (CP) の水質濃度の割合 >

#### ◆ 「スギ林間伐地 (CP)」と前川 (北向橋) の水質濃度比較の考察

- SS の濃度比は、令和 2 年度までは半分から同程度の間で推移していた。令和 3 年度及び 5 年度に前川 (北向橋) の濃度が急増したことから、令和 3～6 年度は、半分以下で推移したが、令和 7 年度は同程度の濃度になった。令和 7 年度までの結果から、「スギ林間伐地 (CP)」における平常水位の濃度は安定しており、間伐施業に伴う土壌の攪乱による表面流や土壌侵食等の影響は一時的なものと思われる。
- COD と T-N の濃度比は、調査年度による大きな違いは見られず間伐施業による土壌の攪乱による影響は小さいと考えられる。その一方で、「スギ林間伐地 (CP)」の COD 濃度は常に前川 (北向橋) の濃度以上であることから、「スギ林間伐地 (CP)」における伏流水や中間流の割合は、前川に流れ込むその他の伏流水や中間流の割合よりも高い可能性が示唆される。
- T-P の濃度比は、平成 23 年度と令和 2 年度の間伐施業後に一時的に増加するが、1～2 年で安定することから、リンが強く吸着している細かい土壌粒子 (シルト・粘土) 等の土壌攪乱の影響による流出は限定的であると思われる。

<sup>20</sup> 国土交通省、水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp>)、令和 8 年 2 月 13 日のデータを引用

### 3.5. まとめ

令和 7 年度は、適切な森林整備がなされており平成 23 年度及び令和 2 年度に間伐が行われた「スギ林間伐地(CP)」、令和 2 年度に皆伐された「0307-2 皆伐地」、一部で森林整備が行われた「07-1 スギ林」の 3 集水域において調査を行った。

令和 7 年度の雨量は、過年度と比べて少ない傾向が見られた。

調査地点における総流出量 ( $m^3$ ) は、「0307-2 皆伐地」<「07-1 スギ林」<「スギ林間伐地(CP)」で(表 2-7)、水質濃度は特に降雨時において「0307-2 皆伐地」<「スギ林間伐地(CP)」<「07-1 スギ林」の傾向が見られた(図 2-7)。「スギ林間伐地(CP)」の集水域内(林内)に雨量計を設置したところ、林内雨量は他地点の 10 分雨量の最大値と大きな差がなく、間伐により樹冠が開いたことで雨水が林床へ十分に到達していることが確認された(図 3-4~図 3-7)。林床に雨水が適切に供給されることは、土壌への浸透や中間流の発達を通じて健全な水循環を維持する上で重要であり、この点からも森林整備(間伐)の効果が示唆される。SS や COD の期間負荷量は、「0307-2 皆伐地」<「07-1 スギ林」<「スギ林間伐地(CP)」の傾向が見られ(表 3-5)、1ha 当たり負荷量(kg/ha)でも同様の傾向が見られた(表 3-5)。負荷量の違いは流量による影響が考えられ、比流出量 ( $m^3/ha$ ) が「07-1 スギ林」<「0307-2 皆伐地」<「スギ林間伐地(CP)」であることから(表 2-7)、水質濃度の結果が示すとおり森林整備の施業履歴のない林分を集水域とする「07-1 スギ林」の負荷濃度 ( $kg/m^3$ ) が高いことが示唆された。

11 月~12 月までの負荷量(表 3-6)は、6 月~11 月までの負荷量(表 3-5)と比べて小さい傾向が見られた。11 月~12 月の少雨期間に負荷量が減少したことから、降雨が負荷量に与える影響の大きさが改めて浮き彫りとなった。

「スギ林間伐地(CP)」における過年度の水質濃度との比較において、各水質項目の濃度は間伐直後から安定しており、年度間で大きな差は見られなかった(図 3-10)。森林整備により下層植生が繁茂することで、土砂流出抑制による SS や COD の負荷量減少及び窒素やリン等の消費量の増加による T-N や T-P の負荷量減少が期待される。

「スギ林間伐地(CP)」と釜房ダム流入河川の環境基準点との比較において、「スギ林間伐地(CP)」は環境基準点の濃度と比べて、COD 以外は低い傾向が見られた。環境基準点において、T-N は令和 2~3 年度以降に全体的に増加傾向が、T-P は北川橋においてやや高めの濃度で推移している傾向が見られた(図 3-12)。

「0307-2 皆伐地」は、令和 2 年度に皆伐されてから低木や草本類による林床の被覆が進み、土壌侵食が抑制されて SS 等の粒子状物質に係る負荷量が低い傾向が見られた(表 3-5)。令和 8 年度にはスギの植栽が予定されており、窒素やリン等の消費量が増加することで溪流への負荷流出が減少するものと期待される。植栽後も調査を行うことで、再造林による負荷軽減効果を定量的に把握することが可能となる。

「スギ林間伐地(CP)」における継続調査の知見も踏まえ、森林整備の施業タイミングを逃さないように観測を維持することが重要と思われる。

## 4. 参考資料

### 4.1. 調査方法

#### 4.1.1. 調査機材(自社直営分)

|      |                                   |
|------|-----------------------------------|
| 雨量調査 | 雨量計測：転倒ます型雨量計、データロガー              |
| 流量調査 | 流量計測：直角三角堰、デジタル水位記録計、自動採水器        |
| 水質調査 | 試料採水：2リットル丸型 PE ボトル、10リットル PE タンク |

#### 4.1.2. 雨量調査

雨量の測定は、自動連続測定を実施し、雨量計の信号を10分間隔で記録し、調査時にデータを回収した。

#### 4.1.3. 流量調査

流量測定は、直接測定と自動連続測定を実施した。

直接測定による流量は、越流水を10Lの定量容器が満水になるまでに要する時間を計測し、5回の平均値から求めた。自動連続測定による流量は、直角三角堰の水頭高 $a$ をデジタル水位記録計により10分間隔で記録(図4-1)し、トムソンの流量公式<sup>23)</sup>により求めた。

なお、デジタル水位計による水頭高は、定期調査時毎に直尺を用いて計測した値とトムソンの流量公式で求めた値により補正した。

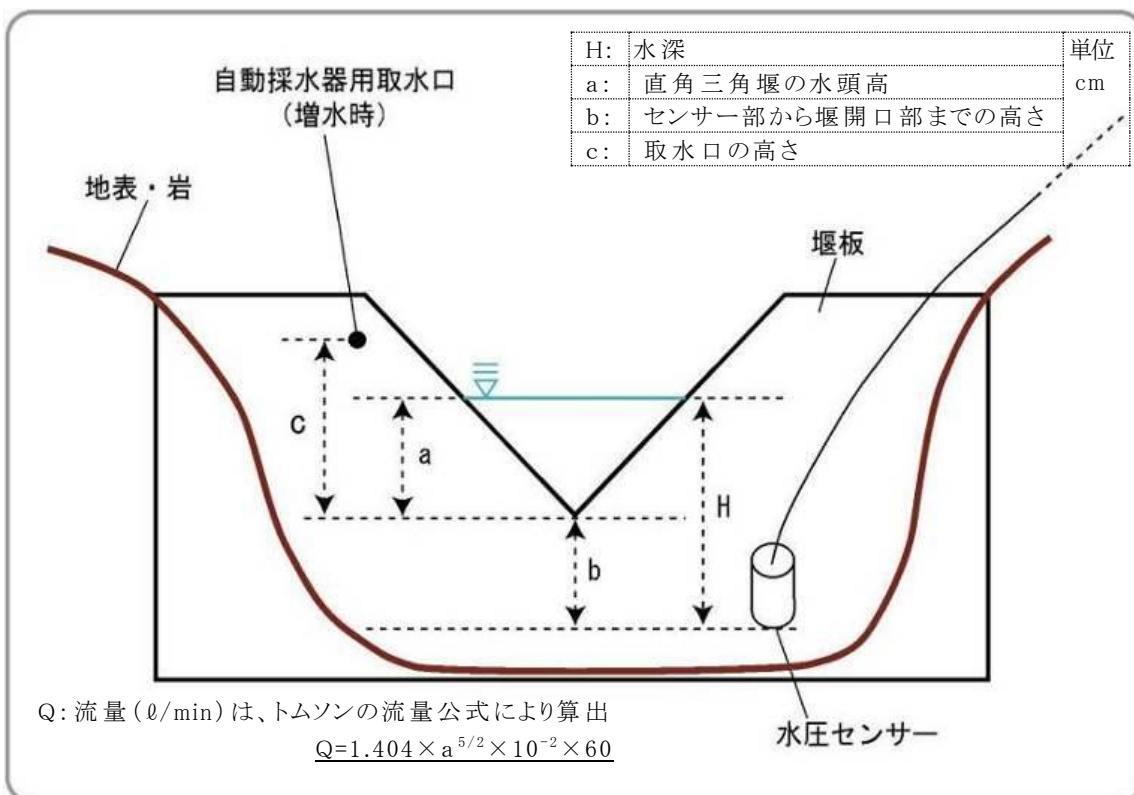


図4-1 直角三角堰と水位の関係

<sup>23)</sup> JIS K 0094、トムソンの流量公式、 $Q(\text{m}^3/\text{sec}) = 1.404 \times h^{5/2}$   $h$ は水頭高(m)

#### 4.1.4. 水質調査

水質分析用のサンプル水は、三角堰越流水を直接ボトルに貯留し、これを平常水位時の水とした。また、自動採水器(図4-2)によりボトルに貯留し、これを降雨時の水とした。なお、自動採水器は、降雨に伴い水位が上昇し、取水口の高さ(スギ林間伐地(CP) : 7.0cm、0307-2皆伐地 : 4.5cm、07-1スギ林 : 7.0cm)を上回ると採水タンクに貯留される構造となっている。

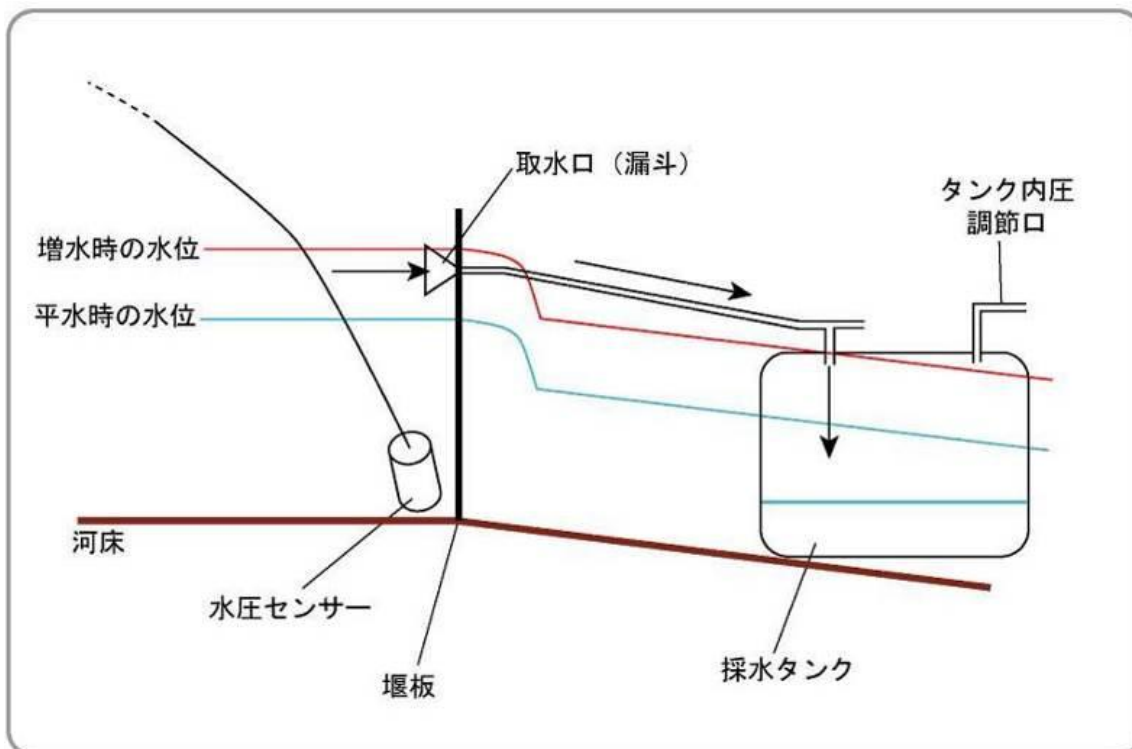


図4-2 自動採水器概略図

水質分析は、一般財団法人宮城県公衆衛生協会が、環境省告示 59 号「水質汚濁に係る環境基準について」に基づいて実施した。なお、分析項目及び計量方法は次のとおり。

|       |   |
|-------|---|
| pH    | JIS K 0102 - 12.1 ガラス電極法                |
| SS    | 環告59号(S.46.12.28)付表9 ろ過重量法              |
| COD   | JIS K 0102 - 17 滴定法                     |
| D-COD | 0.45 $\mu$ mろ過後 JIS K 0102 - 17 滴定法     |
| T-N   | JIS K 0102 - 45.6 流れ分析法                 |
| D-T-N | 0.45 $\mu$ mろ過後 JIS K 0102 - 45.6 流れ分析法 |
| T-P   | JIS K 0102 - 46.3 流れ分析法                 |
| D-T-P | 0.45 $\mu$ mろ過後 JIS K 0102 - 46.3 流れ分析法 |