

## 融雪期の表面流去水が河川の水質に及ぼす影響\*1

大村 邦男\*2 黒川 春一\*3

融雪期の表面流去水が河川の水質等に及ぼす影響について調査を行った。①早春の河川流量及び水質の変化は融雪前期, 融雪盛期, 融雪後期の三つの時期に分けられ, 融雪盛期における流量及び水質の変動が最も大きかった。②融雪期に農地で発生する表面流去水は各種栄養塩類を多量に含んでおり, 当該流出水の河川への流達は大いに水質に大きな影響をもたらすものと考えられた。③表面流去水の流下過程における成分濃度の変化は, 地形及び植生の有無によって傾向を異にした。流水中の成分濃度が起点における濃度の10%以下となる距離は, 裸地条件ではほぼ平坦地で50m程度であるが, 傾斜地(斜度8~14度)では平坦地の2倍以上の距離を要するものと推測された。一方, 草地では傾斜地(斜度8~10度)でも20mの距離でほぼ同等の低減効果を表した。④流去水によって搬送された懸濁成分等で形成された河川の底質は, 有機態及び可溶性形態の成分割合が高く, 栄養塩類の河川流水への供給源として水質に長期的な影響を及ぼすことが予想された。

### 緒 言

積雪地帯では, 早春に河川の水量および水質成分が最大値を示すことが多く, この時期に河川に流入する汚濁物質の負荷量は, 年間の総負荷量の約半分を占めている<sup>1),2)</sup>。これらは, 主として融雪に伴う表面流去水によってもたらされるもので, それまで地表に蓄積していた汚濁源がこの時期に集中して河川に流達するためと思われる。すなわち, 河川における年間の水質変動を把握するためには, まず, 融雪期における水質汚濁の実態を知る必要がある。

また, 表面流去水による影響は, 早春における一過性の汚濁だけではなく, 流去水に搬送された汚濁物質の一部が河川の底質として蓄積し, 長期にわたり栄養塩類の供給源になっていることが予

想される。

以上の背景を踏まえて, 本試験では融雪期における河川の水質変動と, この変動に大きな影響力を持つ表面流去水の実態を捕えると共に, 蓄積汚濁源としての河川底質の成分及び発生機作に関する調査を行った。

### 試験方法

#### 1. 融雪期の河川水質の実態とその変動

1987年4月21~23日にかけて, 道央(石狩, 空知, 上川)及び道東(十勝)の各農業地域を流れる45河川の上流~中流で水質調査を行った。主な分析項目は, pH, 懸濁物質(以下SS), EC, T-N, 溶存態N(以下D・T-N), T-P, 溶存態P(以下D・T・P)である。

また, 早春における水質の経時的な変化をみるために, 千歳市南東部を流れる遠浅川支流において1985年と1986年の各融雪期に7箇所の定点を設定し, 水量及び水質に関する調査を行った。

#### 2. 表面流去水による汚濁物質の移動

千歳市南東部の調査地域<sup>2)</sup>内の畑地及び草地で融雪期の表面停滞水及び流去水を採取し, その成分内容を調べた。

また, 表面流去水による汚濁成分の濃度を把握

1989年10月8日受理

\*1 酪農地帯における肥料成分の流出と水質保全(第4報), 本報の一部は, 1988年農業土木学会北海道支部会で発表した。

\*2 北海道立中央農業試験場(現, 天北農業試験場, 098-57 枝幸郡浜頓別町)

\*3 同上(現, 電気化学工業株式会社, 石灰窒素普及会, 060 札幌市中央区)

するため、堆肥置場を起点にした流出追跡調査を行った。調査は、千歳市駒里<sup>2)</sup>の極緩傾斜地と長沼町幌内の傾斜地で行い、傾斜地では傾斜の大小と植生の有無による違いについても検討した。分析項目は、富栄養化との係わりが深いCOD及びN、P等の栄養塩類を中心に行った。また、流去水に伴う各成分の移動状況を知るために、流水跡地土壌を各地点から3箇所採取し、T N、無機態 N、T P、無機態 Pを調べた。

### 3. 河川底質中の栄養塩類の形態

河川の底質は金属製の円筒管(容積100 cc)を用いて採取し、5,000 rpmで20分遠心分離して得られた分離液を底質中の間隙水<sup>5)</sup>とし、T N、NO<sub>3</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N、T-P、PO<sub>4</sub>-P等の分析を行った。また、底質から粗砂を除いた底泥について、T C、T-N、NO<sub>3</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N、T-P、無機態 Pを調べた。

以上、1～3の調査における水質は、工場排水試験方法<sup>3)</sup>で、また、土壌及び底質の理化学性は各分析法<sup>4),5),6)</sup>に準じた。

## 試験結果

### 1. 融雪期における河川の水質実態

農業地域を流れる小河川を対象に、融雪期における水質調査を行い、同一河川で水量、水質が比較的安定している秋期(前年10月)に行った調査結果と対比した(表-1)。

融雪期の水質は、SS、COD、Pの濃度が高く、当

該成分を中心に懸濁態成分が融雪期に高まることを裏付けた。一方、溶存態成分の濃度は、水量増加に伴う希釈効果によって低下する傾向がみられた。

次に、融雪期における河川の水量及び水質の経時変化をみるために、1985年、1986年に7箇所の定点で調査を行った。なお、水質の各成分値は調査地点の変動幅で示し、図中の積雪量は観測定点<sup>7)</sup>の観測値を基にした。

両年とも融雪が確認された3月下旬～4月上旬には河川の流量増加は小さく、平野部において融雪が最も進行していた4月上・中旬にかけて流量の増加が著しかった。一方、水質については、平野部の融雪が最大の時にSSを始めとする各成分で高く、その変動も大きかった。しかし、平野部の融雪が一段落し、山間部の融雪水が主体を占める4月中旬以降は、各成分濃度が低下すると共に、その変動も小さくなる傾向がみられた。

すなわち、積雪地帯の早春における河川の流量、水質の変化は、融雪前期、融雪盛期(平野部の融雪最盛期)、融雪後期(山間部の融雪最盛期)の三つの時期に分けられた。

### 2. 表面停滞水及び同流去水の汚濁成分

融雪期に発生する表面流去水の成分内容を明らかにするために、堆肥置場及び畑地、草地で表面停滞水と流去水を採取した(表-2)。

まず、汚濁の著しい例として、堆肥置場から直接流出している汚濁水中の各成分内容を調べた。流出汚濁水の平均値は、SS 1,138 ppm、COD

表-1 融雪期における河川の水質

| 項目  |             | pH       | SS (ppm)   | COD (ppm) | T N (ppm)   | D・T N (ppm) | T P (ppm)    | D・T P (ppm)  | Cl (ppm)   | SO <sub>4</sub> -S (ppm) |
|-----|-------------|----------|------------|-----------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|--------------------------|
| 融雪期 | 平均値 (n=45)  | 6.6      | 92         | 6.3       | 1.47        | 1.23        | 0.085        | 0.019        | 6.27       | 2.66                     |
|     | 最大値         | 7.2      | 572        | 22.1      | 7.03        | 6.99        | 0.407        | 0.165        | 11.79      | 11.67                    |
|     | 最小値         | 5.8      | —          | 1.0       | 0.11        | 0.08        | 0.010        | 0.002        | 1.64       | 0.67                     |
| 秋期  | 標準偏差 CV (%) | 0.3<br>5 | 144<br>156 | 5.1<br>81 | 1.55<br>106 | 1.56<br>127 | 0.093<br>109 | 0.026<br>137 | 2.68<br>43 | 1.96<br>73               |
|     | 平均値 (n=45)  | 7.1      | 3          | 4.7       | 1.65        | 1.50        | 0.043        | 0.029        | 7.39       | 7.00                     |
| 秋期  | 標準偏差 CV (%) | 0.4<br>5 | 5<br>145   | 2.6<br>55 | 2.02<br>123 | 2.01<br>134 | 0.060<br>140 | 0.053<br>183 | 3.86<br>52 | 6.52<br>93               |

(n=45)

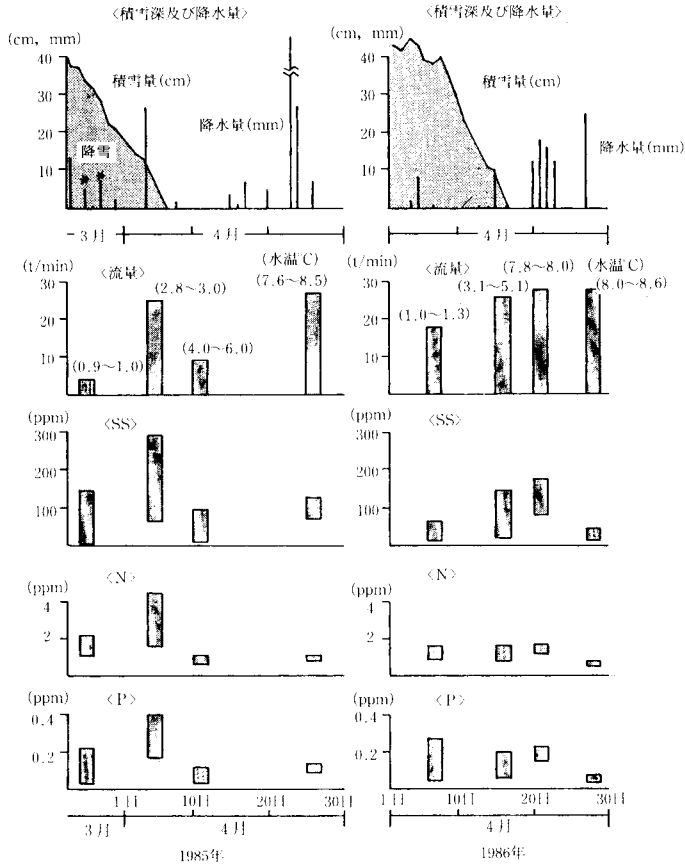


図-1 融雪期における河川の水質、水量変動

表-2 表面流去水等の成分内容

(ppm)

| 項目(試料点数)   |                     |            | 成分 | SS          | COD         | T N        | T P      | K          |
|------------|---------------------|------------|----|-------------|-------------|------------|----------|------------|
| 堆肥置場       | 堆きゅう肥 (n=3)         |            |    | 78,000      | 60,300      | 3.730      | 1,160    | 1,860      |
|            | 流出汚濁水 (上記割合%) (n=4) |            |    | 1,138 (1.5) | 1,540 (2.6) | 597 (16.0) | 64 (5.5) | 202 (10.9) |
| 耕          | 畑地 (裸地)             | 停滞水 (n=14) |    | 8           | 11.4        | 2.14       | 0.248    | 3.13       |
|            |                     | 流去水 (n=20) |    | 61          | 39.5        | 4.72       | 1.275    | 3.82       |
| 地          | 草地                  | 停滞水 (n=5)  |    | 5           | 9.7         | 2.31       | 0.424    | 3.53       |
|            |                     | 流去水 (n=6)  |    | 3           | 11.6        | 2.61       | 0.448    | 2.18       |
| 河川水 (n=10) |                     |            |    | 126         | 13.5        | 1.93       | 0.221    | 1.70       |
| 雪 (n=10)   |                     |            |    |             |             | 1.09       | 0.067    | 0.09       |

1,540 ppm, T-P 597 ppm, T-P 64 ppm, K 202 ppm で、これらの値の堆肥中の成分値に対する割合は、SSが1.5%、COD 2.6%、T-N 16.0%、T P 5.5%、K 10.9%であった。

次に、同時期に畑地、草地で表面停滞水及び流去水採取しその成分内容を調べた。

表面停滞水の成分値は、畑地ではSS 8 ppm、COD 11.4 ppm、T-N 2.14 ppm、T-P 0.25

ppm, K 3.13 ppm, また, 草地では SS 5 ppm, COD 9.7 ppm, T-N 2.31 ppm, T-P 0.42 ppm, K 3.53 ppm で, 両者間の差は小さかった。

一方, 表面流出水を見ると, 草地では停滞水と同程度の濃度であるのに対して, 畑地では停滞水よりも濃度が高く, 裸地を流下していく過程で SS を中心とした懸濁態成分が高まっていくことを示している。なかでも, N, P の栄養塩類は同時期の河川水に比べて顕著に高く, これら流出水の河川への流達, 河川水質に大きな影響を及ぼしていることが示唆された。

なお, 参考値として雪の成分値を示したが, T-P 1.09 ppm, T P 0.07 ppm, K 0.09 ppm で何れも河川水よりも低い値であった。すなわち, 融雪期の流出水には多くの汚濁成分が含まれており, それが融雪期の水質汚濁をもたらしているものと推察された。

3. 表面流出水による栄養塩類の移動

融雪期の表面流出水による成分移動を, 河川の富栄養化との係わりの深い COD 及び N, P について検討した。その結果, 汚濁成分の濃度は, 流下距離に応じて低下すると共に, 傾斜の程度や植

生の有無によっても異なる傾向を表した。

傾斜が0~3°の極緩傾斜地(以下, 平坦地とする)の裸地条件における成分の移動は(表-3), 堆肥置場を起点に各成分濃度を100とした場合, 10m離れた地点で COD 45, T-P 43, T-P 52, K 55 となり, 各成分とも約50%に低下した。また, 30m離れた地点では, COD 32, T-N 21, T-P 31, K 28 で, 各成分とも起点の20~30%の濃度を示した。これらの結果を基に流下距離と濃度指数との関連を示すと, 図-2のような関係が認められ, 起点から50m離れた地点では COD, N, P の濃度が起点の10%以下になるものと考えられた。

なお, 汚濁水の流路に沿って土壌を採取した結果(図-3), N, P の土壌への蓄積が認められた

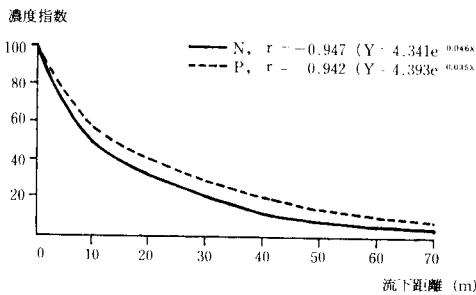


図-2 流下距離と成分濃度指数の関係 (斜度~3°の極緩傾斜地)

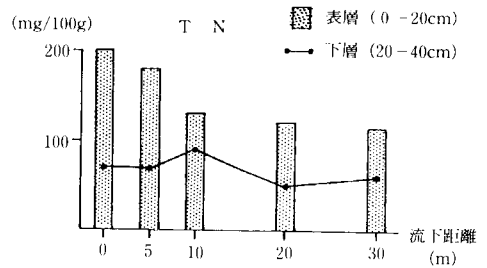


図-3 流水跡地土壌の N, P 含量 (斜度~3°の極緩傾斜地)

表-3 表面流出水による栄養塩類の移動 (斜度~3°の極緩傾斜地)

| 成分<br>流下距離(m) | COD             | T N            | (NH <sub>4</sub> -N) | T-P             | (PO <sub>4</sub> -P) | K               |
|---------------|-----------------|----------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| 0<br>(起点)     | 100<br>(378ppm) | 100<br>(88ppm) | 100<br>(47ppm)       | 100<br>(4.8ppm) | 100<br>(1.3ppm)      | 100<br>(213ppm) |
| 5             | 67              | 49             | 50                   | 58              | 85                   | 56              |
| 10            | 45              | 43             | 41                   | 52              | 84                   | 55              |
| 20            | 40              | 31             | 39                   | 37              | 81                   | 44              |
| 30            | 32              | 21             | 25                   | 31              | 75                   | 28              |

流下距離 5~30m の数値は 0m (起点) の成分値を100とした指数で示した。

のは起点から5m離れた地点までであった。すなわち、平坦地での流水に伴う成分の横移動は比較的短いことが裏付けられた。

つぎに、傾斜地においても融雪期に同様の調査を行った(図-4)。調査地域は小高い丘陵の上に酪農施設があり、堆肥置場を経由した融雪水が斜面を流下していた。当地点の上部はほぼ裸地条件で、斜度は8~14°の傾斜になっており、表面流去水は急斜面を50m下ったところ(地点③)で緩傾斜に達し、4~7°の斜面を流れ、その後道路側溝を経由して小河川に合流した。また、流去水の一部は地点②から分岐し、草地表面を流下していた。

まず、裸地条件の流水路を対象に、堆肥置場付近を起点とした各成分の濃度変化を追跡した。各

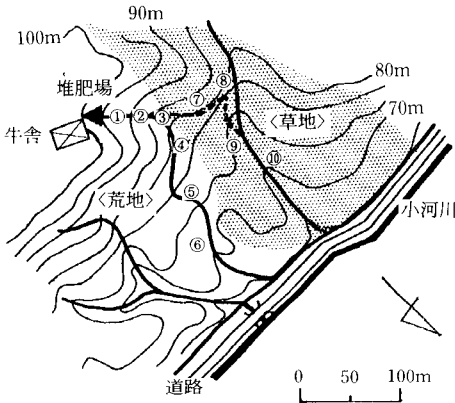


図-4 調査地点(傾斜地)の概略  
(図中の丸印の番号は採取地点を示す)

成分とも傾斜角度の大きい地点②までは低下割合が小さく、前述の平坦地で同じ距離を流下したものに比べて高い値を示した。しかし、傾斜が緩やかな地点③から地点⑤までの70mの距離では各成分の濃度は半減し、地点⑥ではCOD, PO<sub>4</sub>-Pを除く成分が起点の10%以下となった。すなわち、斜度が8~14°の傾斜地においては、平坦地と同程度の低減効果を得るために平坦地の倍以上の距離が必要になるものと思われた。

傾斜地における流下距離と成分濃度指数との間には図-5に示すような高い相関関係が認められ、斜度が8~14°の傾斜地で起点の濃度が10%以下となる流下距離は、Nで70~80m、Pでは約120mと推定された。

一方、地点②から分岐して草地を流下した汚濁水の成分濃度の低下は著しく、斜度8~10°の傾斜地を20m下った地点⑦ではCODを除く各成

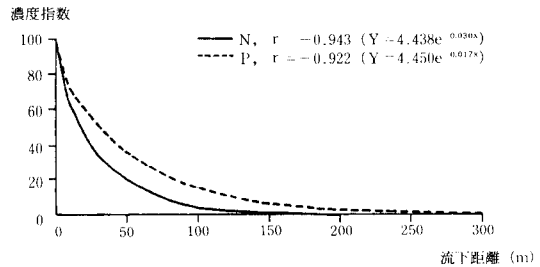


図-5 流下距離と成分濃度指数の関係  
(斜度8~14°の傾斜地)

表-4 表面流去水による栄養塩類の移動(斜度8~14°の傾斜地)

| 地点, 流下距離 m(斜度) |        | 成分              |                 |                      |                  |                      |                 |
|----------------|--------|-----------------|-----------------|----------------------|------------------|----------------------|-----------------|
|                |        | COD             | T N             | (NH <sub>4</sub> -N) | T-P              | (PO <sub>4</sub> -P) | K               |
| (起点) 0 m       |        | 100<br>(200ppm) | 100<br>(125ppm) | 100<br>(60ppm)       | 100<br>(10.6ppm) | 100<br>(1.4ppm)      | 100<br>(344ppm) |
| 裸地             | ① 15m  | 97              | 50              | 63                   | 54               | 89                   | 44              |
|                | ② 30m  |                 |                 |                      |                  |                      |                 |
|                | ③ 50m  | 76              | 23              | 17                   | 39               | 49                   | 8               |
|                | ④ 80m  |                 |                 |                      |                  |                      |                 |
|                | ⑤ 120m | 47              | 9               | 5                    | 21               | 19                   | 3               |
|                | ⑥ 200m |                 |                 |                      |                  |                      |                 |
| 草地             | ⑦ 50m  | 14              | 4               | -                    | 2                | 1                    | 1               |
|                | ⑧ 80m  | 8               | 5               | -                    | 1                | -                    | 1               |
|                | ⑨ 120m | 5               | 4               | -                    | 1                | 3                    | -               |
|                | ⑩ 200m | 2               | 4               | -                    | -                | 1                    | -               |

地点①~⑩の数値は0m(起点)の成分値を100とした指数で示した。

分が起点の5%以下となった。このように、傾斜角度もさることながら、流下過程における植生の有無が成分濃度の低下に大きな影響を及ぼすことがわかった。

汚濁水の流路跡地の土壌調査では(図-6)、地表下20cmまで各養分の富化が認められ、また、養分蓄積が明らかに認められた距離は50~80mに及び、平坦地に比べると養分移動の著しいことを表した。

なお、傾斜角度の変化が大きかった地点③では、斜面上部から搬送された養分の蓄積量が著しく、何れの成分も高い値を示した。

4. 川底に堆積した底質成分と水質汚濁との関連性

表面流去水によって運ばれた懸濁態成分は、河川に対して直接高濃度の汚濁をもたらすと共に、その一部は川底に堆積して栄養塩類の供給源となり、長期にわたって水質に影響をもたらすものと

考えられる<sup>25)</sup>。そこで、底質中の底泥及び間隙水が河川の水質に及ぼす影響を予測するため、底質中の栄養塩類について検討した。

底質採取時の河川水の平均成分濃度は、溶存態Nが0.46ppmで、その中の約80%はNO<sub>3</sub>-Nで占められ、NH<sub>4</sub>-Nは4%に過ぎなかった。同様に、溶存態Pは0.018ppmでその約60%がPO<sub>4</sub>-Pであった。これに対して、底質中の間隙水はNが3.28ppmで河川水の約7倍の値を示し、その内訳はNO<sub>3</sub>-Nが極く僅かでNH<sub>4</sub>-Nが17%、残りの80%以上が有機態であった。同様に、Pは0.115ppmで、PO<sub>4</sub>-Pと有機態-Pがほぼ半分を占めていた(図-7)。

一方、河川底泥の成分値を周辺耕地の作土と比較すると(図-8)、耕地ではC 1.70%、N 0.11%に対して、底泥はC 8.10%、N 0.61%で約5倍の値を示し、C/Nは耕地が15であったのに対して底泥では13とやや低かった。また、Nの形態別割

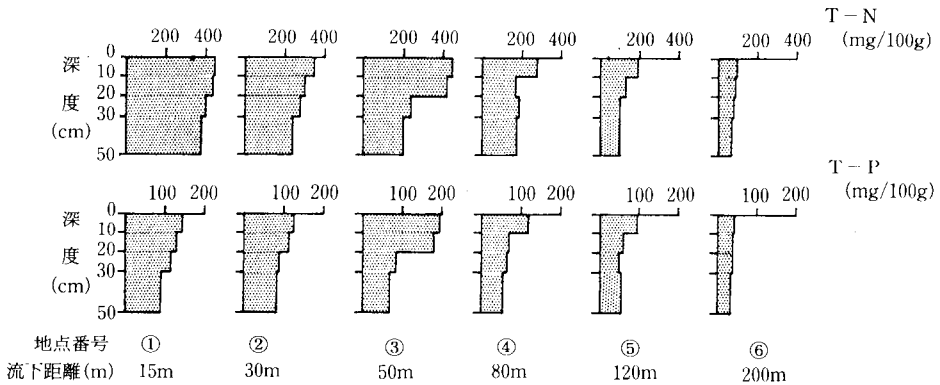


図-6 流水跡地土壌のN, P含量(傾斜地)

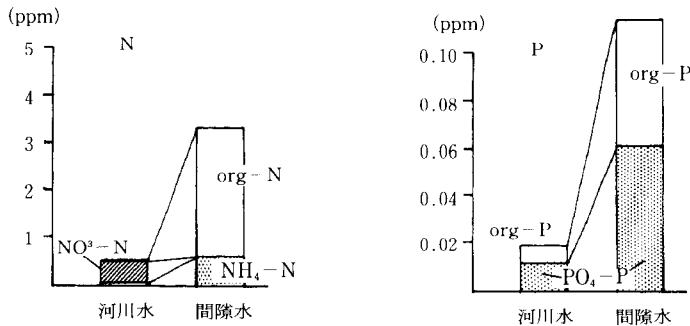
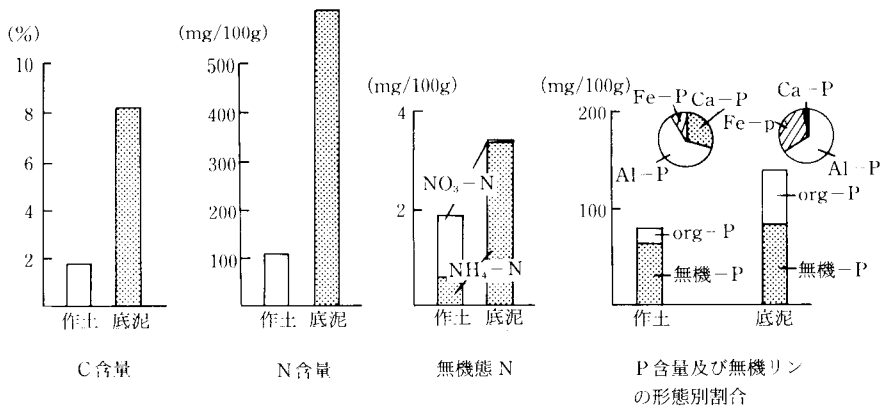


図-7 河川水、間隙水中のN, P含量とその形態内容 (n=河川水7, 間隙水10)



図一 8 周辺耕地の作土及び底泥中の C, N, P 含量とその形態内容 (n=作土 7, 底泥 10)

合は、耕地では NO<sub>3</sub>-N の割合が高く、逆に底泥では NH<sub>4</sub>-N が高い傾向にあり、底泥が嫌気的な条件下にあることを反映した。同様に、耕地の T-P は 79 mg で約 80% が無機-P で占められているのに対して、底泥の P 含量は T-P が 140 mg と高く、無機-P の含量には大きな差はみられないが、有機-P は耕地の約 3 倍の値を示した。また、無機-P の内訳についてみると、耕地では Al-P 60%、Ca-P 30%、Fe-P 10% に対して、底泥では Al-P の比率はほとんど変わらなかったが、Fe-P は 30~40% と高く、逆に Ca-P は僅かであった。

すなわち、底泥は周辺の農耕地の土壌に比べて T-C, T-N, T-P が高く、窒素の中では有機態とアンモニア態が、P では有機-P と Fe-P の割合が高い特徴を表した。前述した間隙水の N, P 含量及びその形態も底泥の傾向を反映しており、底泥-間隙水-河川水の間で各養分の濃度勾配に応じた栄養塩類の交換が行われていることを示唆した。

考 察

北海道西部の日本海側では年間降水量の約

30% が冬期間の降雪によって占められ<sup>8)</sup>、これらの大半は早春に融雪水として流出する。そのため河川の流量はこの時期に最大に達し、それに伴う水質変動も著しい<sup>2)</sup>。融雪期の流出水は、凍土表面を流れる表面流去水と地下に浸透した浸透流出水に分けられるが、土壌水分が過飽和条件下にある当該時期には、土壌凍結がみられない場合でも地表を流出する水の割合が多いものと考えられる。その場合、表面流去水は冬期間地表に蓄積された汚濁物質を搬送しながら流下するので、水系に懸濁態成分を中心にした高濃度の負荷をもたらすものと思われる。表面流去水による窒素、リン等の栄養塩類の移動は、気象条件、地形、土地利用等によって異なると言われており<sup>9),10)</sup>、これら各要因による違いを明らかにすることは、河川の水質汚濁の実態を把握するうえで重要である。

早春における河川の流量及び水質成分の変化は、その時の気象条件によって左右されるが、おおよ次に示す三つの時期に分けられた(表一5)。

第1期は、平野部の融雪が始まる融雪前期で、河川の水量が徐々に増加するが水量そのものは

表一 5 融雪期の標準的な様式

| 区分   | 項目 | 時 期       | 流出水の主な発生場所と流出過程   | 水量 | 水温 (°C)  | 水質変化   |
|------|----|-----------|-------------------|----|----------|--------|
| 融雪前期 |    | 3月下旬~4月上旬 | 河川近傍, 雪間融雪水       | 少  | 極低 (~1~) | 小      |
| 融雪盛期 |    | 4月上旬~4月中旬 | 平野部, 表面流出水        | 極多 | 低 (3~5)  | 大      |
| 融雪後期 |    | 4月中旬~4月下旬 | 山間部, 表面流出水, 浸透流出水 | 多  | 中 (8~9)  | 中 (安定) |

だ少ない時期である。当時期は河川の大部分がまだ積雪下にあり、水温は1度前後と低く、流量の増加は雪間浸透水によることを表した。また、水量の変化が穏やかなことを反映して、水質成分の変動も比較的小さかった。第2期は、平野部の融雪が最盛期を迎える融雪盛期で、当時期には降雨を伴うことがある。この時期における河川の水温は3~5℃と融雪前期に比べると高く、融雪に伴って畑地などの表面を侵食しながら流れてくる表面流去水が混入されるものと推察された。そのため、化学的酸素要求量(COD)、窒素、リン等を中心とした成分濃度が高く、年間を通じて河川に流入する負荷量が最も高い時期である。

第3期は、平野部の融雪が一段落し、山間部の融雪が主体となる融雪後期で、当時期の流量ピークは主に山間部の融雪によるものである。この時期の河川の水温は8~9℃と高く、土壤浸透水も加わっているものと考えられた。しかし、流量の多い割には成分濃度が低く、かつ比較的安定しており、山間部の融雪が水質に及ぼす影響は平野部の融雪に比べると小さいことを表した。

このように、早春における河川の水質、水質変動は3期に分けることができ、各々の時期で特徴が見い出された。この中で、水質汚濁上問題になるのは、水量及び水質変化の著しい融雪盛期で、表面流去水による影響が大きいものと考えられた。

なお、当時期に畑地や草地でみられる表面停滞水及び同流去水は共に高濃度の汚濁物質含んでいるが、河川に流達するまでにその成分濃度が流下距離に応じて低下していくことがわかった。

平坦地の汚濁成分の低下割合は、裸地条件では起点から20~30mで20~30%、また、50mでは10%以下になるものと推定された。

一方、傾斜地における栄養塩類の移動量は平坦地に比べると大きく、斜度が8~14°の傾斜地では、50m流下した場合でも窒素の20%、リンの40%が残存していた。そして、傾斜地(斜度8~14°)で流下水の成分濃度が起点の10%以下になる流下距離は、平坦地の倍以上とみられた。これらの結果は、汚濁水の流去跡地土壌の分析結果からもほぼ裏付けられ、濃度が低下したのは流下過程で土壌に吸着保持されたためと考えられた。

また、植生がある条件では汚濁水の流下に伴う

栄養塩類の低減が著しく、緩傾斜地の草地では20mの流下距離で汚濁成分の大部分が表層に補足され、流下量は僅かであった。

なお、これまで述べてきた結果を他の試験例に比べると<sup>11),12)</sup>流出成分濃度が高い傾向にあるが、融雪期の流出水は降雨によるものとは異なり、その大半が表面流去水で占められているためと思われる。

以上、表面流去水の濃度変化は地形による違いもさることながら、植生の有無による差の大きい事が明らかとなった。同様のことは、土壤侵食に関する調査例でも知られており<sup>9),13)</sup>、冬期間裸地条件にある畑地では、草地に比べて侵食が著しいとされている<sup>14)</sup>。

なお、農耕地からの栄養塩類の流出を抑制する手段として、農耕地周辺に植生フィルター(Vegetated Filter Strip)の設定が提唱されており<sup>15)</sup>、裸地条件よりも草地、草地よりも林地で表面流出水に伴う水質汚濁を抑制する効果が大きいといわれている。

酪農地帯で融雪期に河川水質に大きな影響をもたらす要因の一つに、堆肥場から流出する汚濁水の問題がある。堆肥は大量の栄養塩類を含んでおり、当該浸出水が直接河川へ流入した場合は高濃度の汚濁負荷をもたらすものとみなされ、堆肥場と河川の間には出来るだけ距離を設けておくことが必要と思われる。また、土壤凍結地帯では雪上に糞尿を散布する例が見受けられるが、その施肥効率は低い<sup>16)</sup>。このことは雪上散布が養分の流出の大きいことを表しており、周辺水域の水質を保全するうえからも糞尿の雪上散布は避けるべきと思われる。

次に、表面流去水によって河川に搬送された懸濁物質の一部が堆積した底質の内容について述べることにする。

底質には栄養塩類が多量に含まれており、その中の窒素、リンは不安定な形態のものが多い<sup>17)</sup>。湖や沼のような閉鎖系水域では、底質が極端な低酸素濃度層にあるため還元条件となってリン等の溶出が進行する<sup>18)</sup>。

一方、流水に接している河川の底質は、一部停滞水域を除くと極端な低酸素濃度層は形成され難く、典型的な還元条件にはならないものと考えられる。しかし、河川底泥中の無機態窒素はNH<sub>4</sub>-N



が多く、リンは還元条件下で溶出した鉄と結合した鉄型リンの割合が高かった。同様のことは、底質中の間隙水でも認められ、窒素は有機態及び $\text{NH}_4\text{-N}$ が、リンは有機態と $\text{PO}_4\text{-P}$ の量が多く、底質が河川水に対する当該成分の供給源の一部になっている<sup>19),20)</sup>ことを示唆した。

底質からの栄養塩類の溶出は、水中の溶存酸素に左右され<sup>21),25)</sup>、溶存酸素濃度が低下する高温期の夏期間を中心に水質に影響をもたらすものと思われる。その反面、底質は水中の栄養塩類の濃度が高い場合には吸着する働きを持っており<sup>24),25)</sup>、放出した成分を再び固定することも考えられる。以上の現象は、河川水と底泥間で間隙水を介して濃度勾配に基づいて行われるが<sup>22),23)</sup>、これらの機作については今後底質の生物層を含めた総合的な検討が必要と思われる。

以上、融雪期の表面流去水は早春の河川水質の変化に大きな影響をもたらすと共に、流出水によって運ばれた懸濁態成分は潜在的な汚濁源を形成するものと推察された。

なお、汚濁物質の表面流出を抑えるためには作業体系の工夫や、直接河川に流入することを避けるための緩衝緑地帯の設置等が重要である。これらの対策は、水質汚濁の抑制だけではなく、農地の保全と河川の生態系を守る上からも有効と思われる。

謝辞：本校を提出するにあたって、ご指導、ご校閲をいただいた環境資源部長、菊地晃二氏、生物工学部長、関谷長昭氏、天北農試場長、大崎玄佐雄氏に対し謝意を表す。また、本試験を行うに当たってご協力をいただいた環境保全科長、土居晃郎氏はじめ研究員諸氏に対し感謝する。

#### 引用文献

- 大村邦男, 黒川春一. “酪農地帯を流れる河川水質の変動解析”. 北海道立農試集報. 投稿中.
- 大村邦男, 黒川春一. “農業地域を流れる小河川の水質変化”. 北海道立農試集報. 61, 31-39 (1990).
- 日本工業標準調査会. “工場排水試験方法”. 日本規格協会. 1981.
- 土壌養分測定法委員会編. “土壌養分分析法”. 養賢堂. 1970. p.184-195.
- 江川友治, 野中昌法. “土壌有機リンに関する研究, 第1報 火山灰土壌中の有機リンの含量”. 明治大農学研報. 52, 55-68 (1980).
- 日本水質汚濁研究協会編. “湖沼環境調査指針”. 公害対策技術同友会, 1982. p.147-151.
- 農林水産省育苗管理センター胆振農場. “気象月報”. 1985-1986.
- 札幌管区気象台編. “北海道の気候”. 日本気象協会北海道本部. 19-41 (1982).
- 山崎清功, 徳留昭一, 氏家 勉. “傾斜地における土地利用方式が物質の動態に及ぼす影響, II. ライシメータにおける養分の動態と収支”. 四国農試報告. 45, 93-146 (1985).
- Witmer, M. C. H. “Surface water quality in relation to soil type, land use and discharge in a rural catchment area” Water Sci Technol. 17, 1155-1164 (1985).
- 尾形 保, 菅間道博, 畠中哲哉. “傾斜草地における牛糞尿の地表流出について”. 草地試報告. 12, 106-123 (1978).
- 白石太郎, 森 大二, 古川陽一, 尾崎厚一. “ふん尿施用方法の違いが傾斜草地の植生と流去水に及ぼす影響”. 岡山酪試研報. 17, 69-92 (1980).
- 上村春美. “斜面ライシメータにおける水収支の研究”. 農土試技報. A14, 1-16 (1977).
- Young, R. A.; Mutchler, C. K. “Pollution potential of manure spread on frozen ground”. J. Environ Qual., 15(2), 174-179 (1976).
- Magette, W. L.; Palmer, R. E.; Wood, J. D. “Vegetated filter strips for nonpoint source pollution control nutrient considerations”. Am. Soc. Agric. Eng. ASAE-86-2024, 16 (1986).
- 大村邦男, 野村 琥. “土壌凍結地帯の牧草に対する早春施肥法に関する試験”. 北農. 39(4), 20-28 (1972).
- 浮田正男, 中西 弘. “底泥よりのN, P溶出量推定における種々の問題点について”. 用水と廃水. 17, 1277-1290 (1975).
- 本橋敬之助, 中山純一. “水深が極めて浅い湖沼における低酸素濃度層について—手賀沼を例として”. 水質汚濁研究. 8, 249-253 (1985).
- 望月京司, 杉前昭好, 中本雅雄. “富栄養化したため池底泥からの栄養塩類の溶出及びリンの存在形態について”. 大阪府公害監視センター所報. 8, 151-159 (1985).
- 本橋敬之助. “底泥からのリンの溶出と溶存酸素”. 水質汚濁研究. 9(1), 45-48 (1986).
- 清水 徹, 井沢博文, 伊藤悦二. “広島湾における底泥からの栄養塩類の溶出速度”. 水質汚濁学会講演集. 21, 103-104 (1987).

- 22) 細見正明, 岡田光正, 須藤隆一. "底泥からの窒素及びリンの溶出に及ぼす溶存酸素の影響について". 水質汚濁学会講演集. 17, 274-275 (1983).
- 23) 鈴木俊也, 橘 治国. "富栄養湖底泥表層部からの窒素, リンの溶出について". 水質汚濁学会講演集. 17, 280-281 (1983).
- 24) 渡辺紀元. "河川底質における無機リンの吸着について". 水質汚濁研究. 4(1), 31-36 (1981).
- 25) 大村邦男, 黒川春一, 土居晃郎. "河川の底泥が水質に及ぼす影響". 日本土肥学会道支部会講演要旨. 16, (1989).

# The Effect of Surface Wash-off Water at a Snow Melting Period on the Water of Rivers

Kunio OHMURA\*, Haruichi KUROKAWA\*<sup>2</sup>

## Summary

The effect of surface wash-off water at a snow melting period on the water of rivers was investigated and the results obtained were as follows.

1. The fluctuations of rivers in early spring were divided into three patterns and a change of the quantity and quality of water at the maximum snow melting period in a plain area was largest.
2. The surface wash-off water generated at the snow melting period contained nutritive salts and it was considered that the flow of said wash-off water to rivers exerted a great influence upon the quality of water.
3. A change of the concentrations of components in the process of the outflow of the surface wash-off water was inclined to be different according to topography and the presence of vegetation. The distance reducing the concentrations of components at the starting point to 10% or less was about 50m in a flatland (inclination  $\sim 3^\circ$ ) under a naked land condition, whereas estimated to be twice or more about 50m in inclined land (inclination  $8\sim 14^\circ$ ). On the other hand, the equal effect was confirmed at an outflow distance of about 20m in grassland in spite of inclined land (inclination  $8\sim 10^\circ$ ).
4. The bottom quality of rivers formed by particulated components fed by surface wash-off water contained organic soluble nutritive salts in large quantity and it was estimated that this bottom quality exerted long-term effect on the quality of water as a supply source of nutritive salts. In order to suppress the inflow of surface wash-off water to rivers, it was considered that the arrangement of the buffer zones in the peripheries of rivers was desired along with the device of a working system.

\* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13 Japan

\*<sup>2</sup> Denki Kagaku Kogyo K.K. Chuo, Sapporo, Hokkaido, 060 Japan

