

自動測定・採水システムによる溪流河川の降雨時流出調査

○駒井幸雄¹，梅本諭¹，井上隆信²

今井章雄³

1. 兵庫県立健康環境科学研究所

2. 岐阜大学工学部

3. (独) 国立環境研究所

概要：山林集水域からの年間流出負荷量を把握するために、降水量と水位変化を組み合わせた採水プログラムによって、降雨の開始から終了までのハイドログラフに沿った採水をする自動測定・採水システムを構築し、降雨時調査に適用した。本システムによりハイドログラフに沿った採水が可能となった。また、pH は少なくとも定性的な観測の可能性が示され、EC は実用上の問題はなく、その他の水質分析結果は、過去の人手による降雨時の採水事例結果と大きな違いは認められず、降雨時調査における本システムの有効性が確認された。

キーワード：降雨時調査，自動採水，自動測定，渓流水質，山林集水域

1 はじめに

山林域からの汚濁負荷量を算定する場合、降雨時の調査は重要である。しかし、一般に山林域は都会から離れた所にあるため、調査地点に到着したときには既に降雨が開始していたり、終了していることが多くデータの蓄積は容易ではない。我々の例で言えば、調査現場まで自動車で片道 2 時間はかかる上に、天気予報どおりに降水が始まるケースは少なく、降雨開始が夜中や明け方など日中以外の時間帯であったり、休・祝日にかかる場合も多く、常時採水できる体制が無理な現状では、降雨時採水の実施は難しい状況にある。

そのため、降雨時調査において自動採水器を用いた一定時間間隔での降雨時採水も行われており、その結果に基づく報告もされている。採水開始のパラメータとして、降水量や水位の変化量が用いられるが、開始以後の採水の制御は、例えば 1 時間や 30 分間隔というように一定時間間隔での採水であるため、実際にはハイドログラフに沿った採水とはならない場合が多い。

そこで降雨時における自動測定・採水システムの構築を試み、降雨時における効率的な採水方法の確立と測定された各種の水質データの有効性について検討を行った。

2 調査方法

2.1 調査地点

調査は、兵庫県中央部の生野町東部の山林集水域 (5.8km²) の溪流流末において行った。流域の植生の大部分は、スギ・ヒノキの人工林であり、人為的な汚濁源は存在していない。

2.2 自動測定・採水システムの構成

本システムの構成を図 2 に示す。電力はソーラーバッテリー（センサーおよびデータロガー）と個別バッテリー（自動採水器）を併用した。全てのデータは適時パーソナルコンピュータにより回収した。メンテナンスはほぼ週 1 回の頻度で行い、サンプルの回収、センサーの洗浄等を行った。また、pH の校正は月に 1 回ないし 2 回とし、水位のチェックはストレーナー近くに設置した水位板により行った。

2.3 採水プログラム

自動採水プログラムは、データロガー（CAMPBELL CR10X）付属の命令の組み合わせにより作成した。採水プログラムの採水プログラムのフローを図 3 に示す。なお、採水開始の時間降水量、水位の変化量、採水スキップの水位変化量、最高水位確認の水位変化量、減少モードにおける採水のための水位変化量、プログラム終了の時間や水位変化量などのパラメータについては、現地においてパーソナルコンピュータを通して変更できるようにしている。

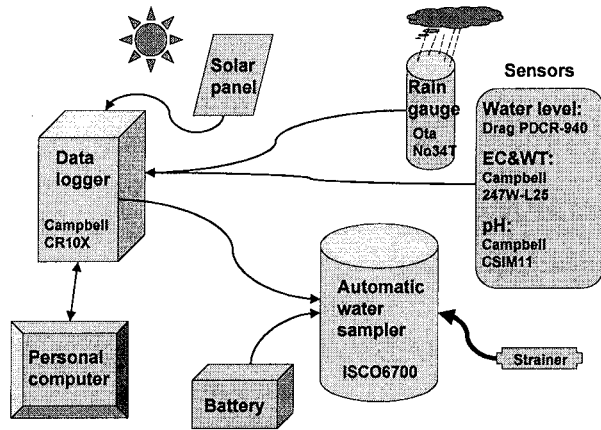


図 2 自動採水・測定システムの構成

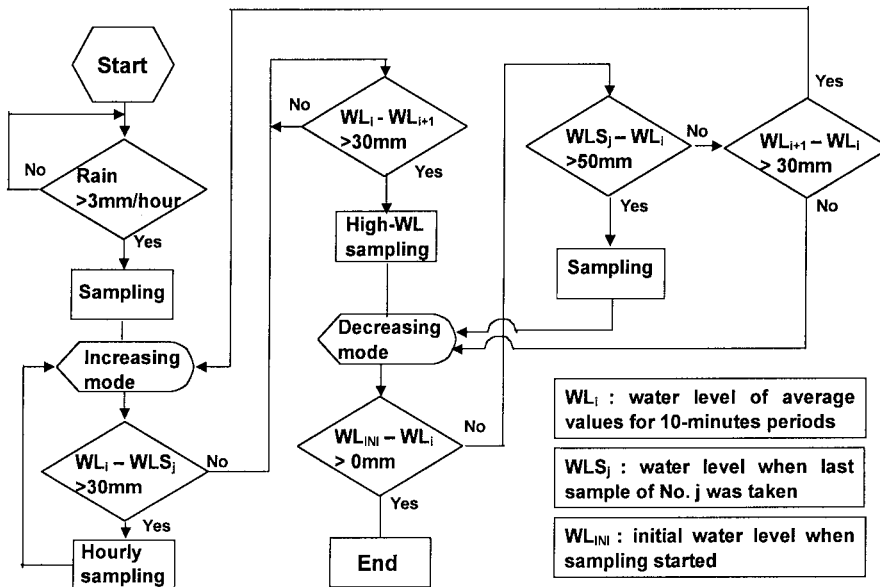


図 3 自動採水プログラムのフローシート

3. 結果および考察

3.1 降雨時の自動採水

水位と採水のポイント、および pH と EC の自動測定例を図 5 に示す。この例では計 157 mm の降水量があった。図からわかるように、ほぼ降雨の開始から終了までの間のハイドログラフに沿って採水されていた。しかし、採水命令は約 3 日間で 42 回行われており、前半の降雨で 24 本を越えたことから採水器は停止したため、実際には後半の降雨による水位上昇時とその後の減少時のサンプリングは行われなかった。上昇モードにあっても一定以上の水位上昇がない場合には定時採水をスキップすることや瞬間的な水位変動による頻繁な採水の繰り返しを避けるようにプログラムを修正した。

プログラム修正後の測定例を図 5 に示す。この例では、35 mm と 30 mm の 2 回の連続する降水が観測された。ほぼヒストグラムに沿って採水されており、降雨時のハイドログラフに沿った自動採水については、

さらに各種の降雨パターンによる検討は必要とはいえ、ほぼ満足される結果となった。

3.3 水位、pH、および EC の自動測定

自動水位計の測定精度について水位板との関係で検討したところ、6 ヶ月間で 1cm 程度の誤差の範囲であった。しかし、流量の大きな増加後に 2cm の差が出たことがあり、これは河床の状態の変化に伴うと考えられたが、パラメータの修正を行うことで対応した。

pH の測定値の精度について、採水試料を実験室内で pH メータ (DDK 10L-40S) により測定し、自動測定値との関係について検討した。結果を図 6 に示す。実験室内値に比べて自動測定値は低い値となっており、バラツキも大きい。現場での直接測定に比べて実験室内値は二酸化炭素の脱気により pH が高くなるとの指摘もあるため、ポータブル pH メータ (堀場 Twin pH) により現場で直接測定をし、実験室内値と比較すると、その差は 0.2 程度であった。したがって、二酸化炭素の脱気による影響とは考えられなかった。調査された渓流水の EC は、次に示すように 50 μ S/cm 前後と低い値であり、こうした低 EC で pH が 7 付近における安定した自動測定の難しさを示唆している。しかし、測定例からわかるように、降雨に伴う水位変化に対応して

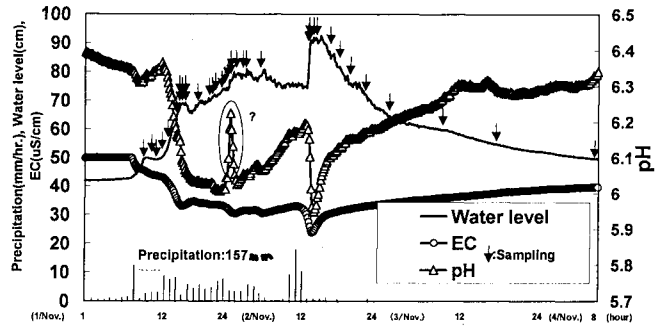


図 4 自動採水・測定システムによる採水・測定例 (I)

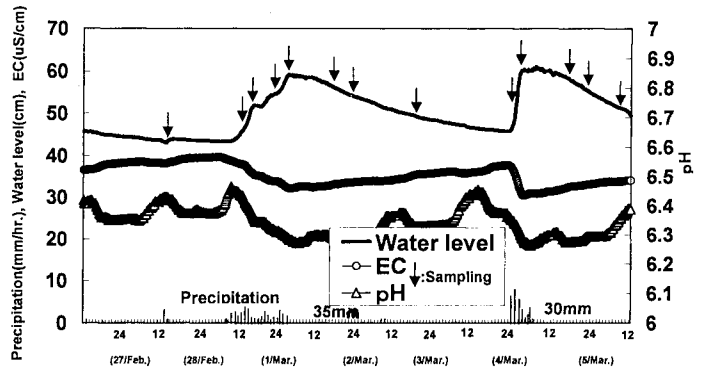


図 5 自動採水・測定システムによる採水・測定例 (II)

pH が変化していることは、少なくとも自動測定による定性的な観測の可能性が示された。

EC 値は流量増加と共に減少し、降雨終了後は増加するパターンが示された。EC の実験室における測定値と自動測定値との関係を図 7 に示す。図から明らかのように、EC は自動測定値、実験室測定値 (TOA CM-60S) のいずれもほぼ同一値が得られた。さらに、これとは別に測定したポータブル EC メータ (YOKOGAWA SC82) による現場測定値とも違いは認められないことから、実用上の問題はないと思われた。

5. おわりに

降雨時採水および測定についてはいくつかの課題はあるものの、本システムによりほぼ期待された結果を得ることができるようになった。自動採水された水試料中の主要無機イオンの分析結果は、過去の人手による降雨時の採水事例結果と大きな違いは認められなかった。今後は、本システムを使って多くの降雨ケースについてのデータの集積を行い、精度の高い年間流出負荷量の見積もりを行う予定である。

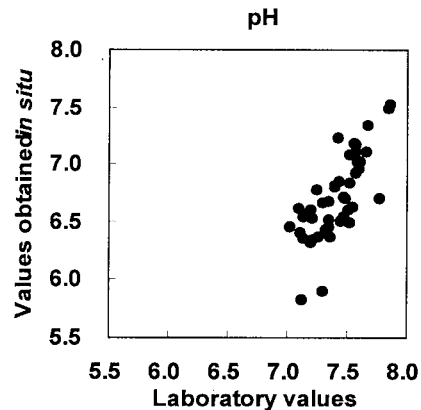


図 6 pH の実験室における測定値と自動測定値との関係

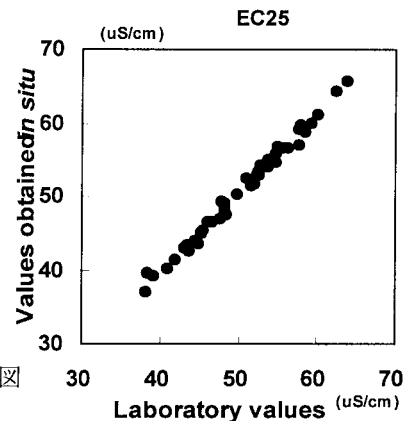


図 7 EC の実験室における測定値と自動測定値との関係

参考文献

- Ebise, S. (1984). Regression models for estimating of storm runoff loading: *Proc. of Environ. & Sani. Eng. Res.*, **20**, 27-38 (in Japanese).
- Fraser, I.H., Hart B.T. and Strachan L. (2000). Measurement of fluxes of phosphorus from catchments with variable hydrology: *Proc. of 4th Int. Conference on Diffuse Pollu.*, 214-218.
- 平田健正, 村岡浩爾 (1988): 渓流水質からみた森林の浄化機能に関する研究 (第 3 報) 溶存物質の流出機構, 国立公害研究所研究報告, 第 116 号, 53-74.
- 國松孝男, 須戸幹 (1997): 林地からの汚濁負荷とその評価, 水環境学会誌, 20(12), 810-815.
- Komai, Y., Umemoto S. and Inoue T. (2000) Estimation for amount of annual runoff of major ionic species by regression model in forested watershed: *Proc. of 1st World Cong. of Int. Water Assoc.*, CD-ROM NP149.
- Komai, Y., Umemoto S. and Inoue T. (2001). Runoff characteristics of major ionic species during rain events in forested watershed, *Water Science and Technology*, 44, 105-112.