



農業土木技術者のための流量の測定と解析 (その1)

— 序 説 —

川 合 亨*

I. はじめに

現場の農業土木技術者が心得ておくべき流量測定に関する基礎的な知識を与え、かつ、実際に技術者自身が流量観測を行ったり、既存の流量観測データを利用したり、流量観測機器や流量測定装置の選定、計画および設計に関する業者への発注にあたっての注意すべき要点などの実用的な知識を述べる。

II. 流量とは

流量とは何か？

それは水の量的な表現である。水はあらゆる生物の命をささえる。水は物理的にも、また科学的にも非常に特異な性質をもつ物質であり、そのような水があるがゆえに地球上に生物の存在が可能なのである。また、その量は人間の社会生活に重大な影響を与えている。“湯水の如く浪費するな”という戒めの言葉はいまでは昔のこととなった。水の量は無限ではないのである。ようやく、そのことに人間が気づき始め、いま真剣に取り組まざるを得ない状態になっている。

水の量は都市発達の限界を定める。広大な土地をもつオーストラリアにおいても利用できる水に限りがあるために、この国で生活可能な人口の限界は約3千万人であるといわれている。また、「国際水文学10年計画はその目的として水取得の可能性がその地域の産業構造を性格づけるので、地域開発を進めるにあたっては水収支の実態を把握しておかなければならないという意味のことを明記している¹⁾」。

近年、水資源の開発が盛んに叫ばれ、かつ実施されている。最も一般的な方法はダムによる貯留であり、既存の湖の利用であり、河口ゼキである。さらには、地下ダム構想も考えられている。ところで、この流量はそのもとは雨である。この雨は一般的には人為的にコントロールすることができない。しかし、流量には近年ダム等の築造によって人為的な影響が入るので、とくに小さな流量を取扱う場合には流量をとりまく環境に十分注意しな

ければならない。また、大流量を考える場合には人為的な要素が入る入らないにかかわらず、常に雨を意識しなければならぬ。さらに、水を利用しようとするときには流量を一瞬間の流れではなく、ある一定の期間における総量としてはあくする必要がある。

自由水面をもち、かつ不規則で不安定な境界条件の中を流れる流量を精確に測ることはかなり困難であり、大洪水時には生命の危険さえ伴う場合も生ずるので、ここに雨量から推定する予測の学問が発達した。すなわち、水文学による水収支である。しかし、水収支といっても、それらの関係を確立するに当って流量を精確に測定することが必要条件であり、この流量測定の精度がそのまま水収支の精度を示すであろう。

このことから、対象流量の大小とその環境条件によって、その精度に自ずから相違のあることを認めざるを得ない。

水の存在状態は地表面の流れ、地下の流れ、蒸発および地球上の生物や無生物の中、人工のダム、湖等における貯留という形をとる。

流量の測定場所は一般的には河川および人工水路等であり、さらに範囲を拡大すれば地下水流や潮流なども対象となるであろう。また、一般的に流れの量を規定する条件は流水断面積、流水抵抗およびエネルギーコウ配である。これの外力はいまでもなく重力である。

つぎに、農業水利、開拓、干拓および防災事業等を行うために必要となる流量調査についてその概要を述べてみよう。

III. 流量調査の目的と必要性

1. 農業水利事業の計画のための調査

古い施設の改修、井ゼキの統合および農村環境整備等の事業を行う場合、まず、水使用の実態をはあくすることから始めるのが順序であろう。同じ水田というカテゴリーの中にあるとしても、その水の消費量は様々ではない。地下水位、地質、土壌、地形および気候等によってそれぞれ異なるのである。

いま水田を例にとるならば、減水深の測定、地下水位

* 農業土木試験場(かわい とおる)

の測定、蒸発量の測定、河川からの流入口における流量測定、用水路の途中における流量測定(分水後の各用水路についても)、およびカンガイ地区末端の流出量の測定が行われねばならない。この結果から、水の反復利用状況や近接地区における地下水の利用の影響等についても考察を加えねばならない。とくに、地下水位の変動は水田用水量に大きく影響を与えるので慎重に調査する必要がある。

以上は事業の計画上の実態調査であって、この結果から将来における開発の展望を検討するものであり、水の時期的な単位時間当りの必要量を明らかにしなければならない。

2. 取水計画のための調査

事業計画地域への必要水量が明らかになれば、これの取水源をどこに求めるかが問題となる。非常に小規模なものであれば井戸によって地下水を求めてもよいが、一般的には河川からの取水が自然である。河川からの取水においては渇水量とその水位が重要な問題となる。対象とする耕地へ導水するための必要水位は、河川の上流へさかのぼれば物理的に得ることが可能であるが、ここで経済性を無視するわけにはいかない。そこで、河川の水位と流量の観測が必要となる。長年月の観測が得られない場合には、雨量の観測も合わせて行い、近接地区の長年月の雨量データとの相関を得、当該地点の雨量と水位、流量の関係から渇水量とその水位を推定することもある。

このような観測結果から、自然河川の地形状態とも合わせて、自然取水が可能か、ポンプ揚水か、頭首工の築造が必要か、あるいはダムを作る必要があるかどうかの判断を行うわけである。

3. 取水施設を計画するための調査

河川からの取水において河川を締切り、人為的に取水量を調節する取水施設(頭首工)を造るような場合には、この計画地点における河川の渇水量、平水量、豊水量、年1回発生確率洪水量、既往最大洪水量および計画洪水量とこれらの水位を明らかにしておく必要がある。さらに各洪水量の超過確率の関係が明らかとなれば、工事中の仮締切の計画に役立つ。また、各洪水の時間波形(水位、流量)が明らかであれば、土砂流入防止のためのゲート管理に役立つであろう。

計画洪水水位はゲート引上げ高さ決定のための基準となり、平水時の水位と流量は土砂吐水路設計のための排砂時における射流条件を与える基本値として明らかにしておくかえねばならない。なお、施工に先立って水理模型実験を行う必要のある場合には年1回発生確率洪水以上の時間と水位、流量関係および洪水ピーク時のコン跡水位を

明らかにしておくかえねばならない。

4. ダム計画のための調査

カンガイの用水量計画において時期別必要水量が明らかとなり、河川流量がこの条件を満たすことができない場合には、ダムの計画が考えられる。すなわち、不足水量をダムにあらかじめ貯留し、必要とする時期に所定量を放流して使用するわけである。

ダム貯水量の確認と、何回そのダムを利用することができるかを知るためには、時期別の総流入量を明らかにする必要がある。この資料から最も効率のよい経済的な規模を確定することができよう。

また、防災ダムの場合には、その規模と防災効率の決定のためにやはり長期の流量資料が要求される。さらに、工事中の仮締切堤防高さや仮排水路の規模の決定およびダム下流の減勢工のタイプの決定と設計のために、水位一流量の水文資料が必要となる。

なお、余水吐の設計のためには雨量と河川流量の関係を雨量強度や到達時間をも含めて明らかにし、これの超過確率を求めておくかえねばならない。

5. 排水計画のための調査

最終目的としては許容タン水深とその時間に関係するポンプの規模(能力と台数)の決定およびこれに関連する必要な排水路の断面設計ということになる。

まず、現況排水路における排水能力を調べるために、雨量と流量と水位と時間変化の関係を明らかにしなければならない。ある場所においては潮位の変動による流量変化への影響をも調べねばならないであろう。

また、干拓地周辺の承水路計画においては各河川からの流入量や地区内の降雨量および堤防周辺からの浸透量を明らかにする必要がある。さらにこれらの資料を用いて調整池の規模も検討されるのである。

6. 集水暗キヨによる地下水利用のための調査

この計画は、一般的には沖積地の河川内か河川に近接して築造される場合が多い。このような所は比較的地下水が豊富であり、得やすいからである。したがって、このようなところで地下水を利用しようとする場合は、近接河川の渇水量を明らかにしておく必要がある。

また、計画しようとする地域に既設の集水暗キヨがある場合には、これの取水状況を調査し、その量に経年変化があるかどうかを調べる。経年変化のある場合には、その原因を調べておくことよい参考になるであろう。

さらに、この計画の実施によって他の取水施設にどのような影響を与えるかも検討する必要がある。

7. 草地開発のための調査

牧草地へのカンガイ水や家畜の飲料水および雑用水を

必要とする場合に、その水をどこから、どのような方法で確保するかを計画するために、雨量と流量の観測が必要である。また、草地化によって流出機構が変化し、雨量と流出と浸食の関係がどのようになるかを知り、これの防災対策をたてるためにも調査が必要となる。

8. 河口ゼキや防潮水門の計画のための調査

これは利水目的のための施設であり、まず現状はあくのために、渇水時、平水時、洪水時におけるその河川流量と塩分を含んだ海水の河川への浸入状況を明らかにしなければならない。さらに、河口ゼキの位置と規模とその管理方式を確立するために時間と水位、流量の関係を調査する必要がある。

9. 干拓地の河口閉ソク防止計画のための調査

外海の潮位の変動や沿岸流および河川の自然流量等を調査し、導流堤や暗キョ工法等およびゲート方式の河口閉ソク防止工を検討する。

10. ピーク発電の影響調査

近年、電力を効率的に利用するためにピーク発電が行われるようになった。このようなことから、遠く離れた下流における農業用の取水量にもその変動の影響があらわれている。河川に設けられた頭首工には水を貯留する能力がないので、河川流量の多いときに、農業に必要な単位時間当りの流量以外のものは無効放流となる。1日単位の水の総量が農業に必要な総量に見合っていたとしても、結局、無効放流量分が不足するということになるわけである。したがって、多目的ダムの計画やピーク発電操作によって時間的に河川流量が変動するような場合には、河川の流量と粗度係数の関係、途中における貯留効果による流量の到達時間とその水位の変動の関係を時間的に明らかにする必要がある。

11. 施設管理のための調査

最近の農業は兼業化が進んできたために、水の最大利用は、日曜・祭日に集中したり、用水組織の統合化によって用水の延長が大となり、かつ分水ゲートの増加が生じてきている。したがって、従来人力で取水ゲート開閉や分水ゲートの管理を行っていたものが、組織の拡大、広域化によって不可能になりつつある。このような用水路の管理を円滑に行うために、施設の装置化、システム化が行われなければならない。このような管理に必要な情報を得るために、既設用水路の各所における水位と流量(粗度係数やその他の損失も含めて)の関係を明らかにしておく必要がある。

12. 使用量の確認のための記録調査

人口増加と文化の発達に伴って、水の使用割当てが次

第に厳密化してきている。このような現状において、作られた施設の中で実際に現在いくらの水が流れているかの情報を刻々と知る必要がある。この情報の精度が今後非常に問題となってくるものと思われる。これは流量の計測方法と精度の問題として考えられねばならない。

一般的には、水位かその圧力を流量にじかに換算する方法がとられるが、流量の規模によって測定装置にもおのずから限界があり、また測定装置によって計量の精度に大きな違いがでてくることを十分に理解しておかねばならない。しかし、水の使用目的と規模および経済性の点から測定の方法を選択することになる。

IV. 講座の内容紹介

この講座は、今後下記の項目、内容に従って、それぞれの担当者に執筆していただく予定である。

基礎知識(1)

主として水位かあるいは水圧から流量を求める方法

基礎知識(2)

流速を主体にして流量を求める方法

一般河川の流量観測

現在、一般河川で実施されている流量観測の方法を紹介し、その資料の利用方法

現場における流量観測の現況

現在、農業土木事業の計画と設計のために現地で実施されている方法とその注意点

電算機の利用による流量の推定

自然における流れの不等流や不定流の現象を時間的な水位記録をもとに電算機を利用して解析し、流量を推定する方法の紹介

施設の操作管理のための流量観測

造られた施設の流量情報、制御および伝達等のシステムに関連する問題

限りある水資源の有効利用のために、その計量方法がますます問題にされようとしている。ある測定方法が万能であるというものがない。それは境界条件の固定のものや変化するもの、水の通る場所の形による相違、時間的に変動するもの、流量の大小による場合等、水の流れる状態が非常にバラエティに富んでいるからである。

この講座をよりよくするために忌憚のない参考意見をお寄せいただければ幸いである。

引用文献

- 1) 日本河川開発調査会、にほんのかわ 創刊号 p.6(非売品)(1973)
[1974. 5. 22. 受稿]