

分水機能を軸にした用水システムの性能設計

Irrigation Canal Systems Structure on the Axis of Delivery Function

○樽屋啓之, 中田 達, 田中良和

TARUYA Hiroyuki, NAKADA Toru and TANAKA Yoshikazu

1. 水路システムの分類

水路システムは、図-1の通り、目的によって1) 分水システム2)集水システム3)連結システム の3つに分類される¹⁾。このうち用水システムは、分水システムを基本形として構成される。ここでは、開水路の用水システムを対象として以下の議論を進める。

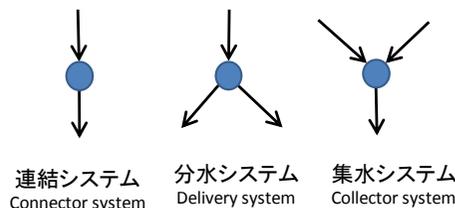


図-1 目的による水路システムの分類

2. 用水システムの階層表示

用水システムは階層構造を持っていると考えられている²⁾が、河川システムと比較しながら構造化の手順を示そう。河川システム構造の基本は集水システムにあり、河川次数(本稿では Hortonの方法で説明する)によって流路の階級を区分することができる。これと同様に、分水システムを持つ用水システムにおいても、分水次数なるものを定義することができる。河川次数の考え方とは逆に、分水次数は本線と同等規模の分水をするごとに大きくなり、その度に階層が1つずつ下がるものと定義する。また、河川では河川次数が大きくなる度に、流路が支配する集水面積は大きくなることに対応して、用水システムでは、分水次数が1つ大きくなる度に、流路(水路)の担当する受益面積は細分化されて小さくなる性質を持つ。また、一般の用水システムには、階層の変化に影響を及ぼさない小規模で多数の分水施設(分水口など)が同一階層水路内に張り付いていることが多い。このことを考慮すると、用水システムをカスケード構造型の階層システムとして理解しておくのが適当であろう。以上の手続きから、用水システムにおいては、階層の変化する分水点が機能診断上の重要ポイントになることが理解されよう。機能診断の対象となる主要な分水地点 X については、診断対象期間を T 、分水次数または階層を i 、分水路識別番号を j としたとき、 $X(T, i, j)$ と表示することにすれば、用水システムにおける分水地点の番地が明確になる。このとき、受益面積 $A(T, i, j)$ も一緒に記載しておく都合が良いであろう(A においても T を併記するのは、作期別の作付面積を明示したいからである)。

3. 分水機能の定義と表示法

これまで、分水機能という専門用語は無かった。そこで、用水システムの性能設計の議論を進めるために、分水機能(delivery function)を、新たに、以下の通り定義する。

分水機能: 定められた期間 T 内に、ある分水地点 $X(T, i, j)$ において、

①分水すべき水量を確保し、②所定の分水位を確保し、③あらかじめ定められた分水ルールに従って、④所定の分水流量を制御し分配する、①～④のサブ機能をまとめた総称

分水機能は、上記の①～④に表示した個別の機能(本稿ではサブ機能とよぶ)の組み合わせで表示され、さらにこれらのサブ機能間の関係を、表-1のように整理した。あらかじめファームポンドに蓄えられた容量を圃場ブロックに分配するために、流量(rate)、頻度(frequency)、期間(duration)を分類指標とするdelivery schedulesが提案されている³⁾。表-1の表示は、この考え方を分水機能におけるサブ機能の関

(独) 農研機構・農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering キーワード: 用水システム, 性能設計, 水利用機能

係に適用するとともに、用水システムの全階層に存在する分水地点の機能表示法として拡張解釈したものである。

階層が変われば、管理の主体も、分水流量も、分水ルールも全て変わる。用水システムの水利機能診断とは、用水システム内の主要な分水地点において、分水機能を調査し、診断することであると整理される。

4. 分水機能の機能診断における性能表示項目について

水利の機能診断を現場で実施する際には、具体的に何を測定して、どのような情報を収集するか、すなわち、サブ機能を説明する性能表示項目を明確にすることが重要である。主要な性能表示項目を表-1の最下行に示した。今後、表-1の考え方に対し関係者、関係機関の支持が得られれば、何度かバージョンアップを図りながら、現場の調査者が利用できるマニュアルへの移行を目指したい。当面「分水ルール」をどのように性能規定するかということが、次の重要なステップになると考えられる。

5. 渇水や需要変動に対する調整機能

表-1(1)式は不等式で表示されている。この不等号は、渇水や需要変動など、用水システム外部の条件によって、水利システム内部の需給バランスが絶えず変化することを意味している。左辺は供給側(上位階層)、右辺は需要側(下位階層、別の表現では調査者が立つ現階層)を表す。左辺の供給量が制約条件になる場合は、右辺のサブ機能間の再調整によって分水機能全体が調整される。右辺の需要水量が制約条件になる場合は、左辺の供給水量を確保することになるが、場合によっては上位階層のサブ機能の調整に及ぶ事態も想定される。階層間のサブ機能構成に関わるような調整問題は、いわゆる用水システムの管理方式(供給主導、需要主導など)の機能と性能に関わる重要な問題である。このことは稿を改めて議論したい。

6. 用水システムの再構成と性能設計

用水システムを、分水機能を基軸として再構成することにより、システムや分水施設のもつ機能・性能の意味や相互関係が明確になる。本稿では、主として開水路の用水システムを念頭に置いた議論を進めてきたが、実際には開水路の「水位」を「圧力」に読み替える作業などにより、管路システムでも同様の議論展開が可能である。また、管路システムには、既に「水理ユニット」という設計・管理上の階級区分があるが、それは既に述べた用水システムの階層性の概念と本質的に同じものであると考えられる。用水システムの性能設計の立場からは、むしろ管路の方が開水路よりも先行していたと言える。今後、用水システムの性能設計に関する議論を深化させていくためには、本稿で提案したような、議論の基礎となる土俵を整備する必要がある。また、排水システムの性能設計についても、用水システムと同様の考え方で再構成が可能と考えている。

7. おわりに

本稿では、最後まで「分水工」という用語を取敢て使用しなかった。いわゆる分水工は施設の名称であって機能ではなく、新たに定義された「分水機能」を支える施設は、いわゆる分水工以外にも多数存在し、名称に基づく混乱や誤解を避けたかったからである。

- (引用文献) 1) USBR(1991): Canal Systems Automation Manual Vol.1 2) 樽屋・三春(2009): 農業農村工学会誌 77(4).
3) A. J. Clemmens (1987): Planning, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery Systems. ASCE.

表-1 分水点 $X(T,i,j)$ の分水機能の構成と性能表示項目
(水利機能診断時の診断項目の案として)

階層	上位階層 (供給側)	下位階層 (需要側)	
サブ機能	①所定の水量を確保	②所定分水位を確保 ④所定分水量を制御	③従うべき所定の分水ルール
機能間の関係 (1)式	分水すべき水量 (上位階層から) (供給水量)	$< = >$ 分水流量 (rate) (分水流量/水路)	\times 分水頻度 (frequency) \times 分水時間 (duration) (分水ルール)
長瀬・田原	水路内貯留量 水源・調整池等貯留量 無効放流、反復利用量 補給水源量(地下水など) 用水到達時間 ほか	分水位と分水流量 水位または流量の制御方式 (上流制御、下流制御など) 制御精度(～m以内、など) 水路内貯留 ほか	分水パターンの表示 (時間-分水流量曲線) 管理主体、各種運用条件 組織管理体制(担当者など) 情報管理体制 ほか