

中央大学理工学部 正賀 春日屋 伸昌

堤内地の湛水すなわち内水による穀類などの被害をできるだけ僅少にとどめるためには、内水の自然排出にまつことなく、樋門または樋管を築造し、堤内地の水位と堤外地の水位との差を利用して内水を排除するか、ポンプ場を設けて機械的に排除するか、あるいはこれら両方法を併用して効果を高めるか、いずれかの方法がとられるのが普通である。これらのうちどの方法が選定されるべきかは、堤内地の広さおよび地形、堤内地における作物の種類、家屋・工場などの戸数、推定される最大降雨量の大きさ、自然排出の場合といずれかの排水方法を用いた場合との内水位の時間的変動を示すハイドログラフの比較検討、樋門・樋管またはポンプ場を建設するのに要する費用といずれかの排水方法を用いることによって減少するであろう被害額との比較検討、などによって決定されるであろう。

以上のような内水排除の諸方法の検討は具体的な事例についてなされるべきであって、それについて一般論を述べることはあまりにも抽象的にすぎるので、ここでは内水排除の方法として樋門だけを用いた場合につき、その効用を判定する一つの考え方を提示する。

樋門の効用を判定する指標としては、いろいろな量が考えられるであろうが、ここでは、樋門の建設費およびその維持管理費の元利合計が樋門を建設することによって生ずる被害減少額によって償却される年数 N をとることとする。

まず、対象とする堤内地に湛水をもたらすような降雨量の年間を通じての度数分布をなるべく長年にわたる過去の資料から統計的に推定する必要がある。このときの降雨量としては日雨量を採用する。日雨量の確率密度曲線の形状は変量の小さい値にモードを有し、偏度が正であるような左傾の非対称分布を示すのが普通であって、それに適合する関数形としては、対数正規分布関数、ピアソンの度数分布関数(主として第I型がよく適合すると思われる)、およびシェリエの度数分布関数などが考えられる。これらの中で、近似度が高いばかりでなく解析的形式の簡単なものとして、筆者はシェリエの度数分布関数(殊にそのA型級数)を推奨する。

いま、与えられた資料によって関数に含まれる定数が定められた日雨量の確率密度関数を、

$$y = f(r) \quad \dots\dots (1)$$

としよう。ここに、 r は日雨量(mm)を表わすものとする。

さて、 r (mm)の降雨量があるときの外水位と内水位とのハイドログラフを描く。このとき、両ハイドログラフは同じ r (mm)の降雨量であってもその降雨型の違いによっていずれも異なった形状を示すはずであって、既往のすべての降雨型について考察することは不可能であるから、樋門の効用をそのいろいろな型について比較検討する一つの目安として、 r (mm)の日雨量を与えるような降雨継続時間を、対象地域の降雨強度公式から算出して、その降雨継続時間内を一律な強度で降るものと仮定して単位図法などを適用して外水位および内水位のハイドログラフを描く。

湛水地域の被害は、その地域内に存在する家屋・工場・公共施設などの蒙る被害もあるであろうが内水の場合に殊に問題となるのは、普通は耕地なかんずく水田の被害である。そこで、ここでも湛水

による水稻の被害額を考へることとなるが、水稻の生産額の減少は、湛水時期における水稻の生育段階すなわち穂予期(8月)、出穂期(9月)、分けつ期(6~7月)、成熟期(10月)によって異なる(他の条件が同じならばこの順に被害は小さくなる)。また、湛水深・湛水時間・水の清濁や温度の相異などによって左右される。

さて、降雨量 h (mm)による被害推定額 D を求めるには次のような方法による。前述した内水位のハイドログラフの作成過程から明らかのように、与えられた降雨量によってハイドログラフの形状は一義的に定められ、堤内地の地形図から各水位に対する湛水面積が求められるから、経過時間 t に適當に細分することによって、完全に冠水している水稻の作付面積と冠水時間 t とが求められる(このとき水稻の高さは一般に60cmとする)。水稻の被害額は冠水時間の α 乗に比例し、作付面積に比例するから(α および比例定数は既往の実測値を整理して求めておくのが理想的であるが、それができないときには、農林省統計調査局の「水稻風水害減収推定尺度」を参照すればよい)、けっきょく、被害推定額を降雨量 h だけから定めることができる。この計算を種々な降雨量について行なつて、被害推定額 D と降雨量 h との関数形 $D=f(h)$ を定める。もっとも、同じ降雨量であっても水稻の生育段階の相違によって被害額が異なるから、同じ降雨量の時期的分布を統計的に定めておいて、降雨量による被害推定額を求めるのに時期的要素を加味するものとする。

樋門の効用を比較検討するに当たつて、横断面の大きさの異なるいくつかの代表的な樋門についてその建設費を A で表わす。また、この樋門を操作する(内水位が上昇期の外水位と等しくなる時点で樋門を閉じ、次に下降期の外水位と等しくなる時点で樋門を開く)ことによって得られる内水位の曲線を、与えられた降雨量について描き、前述の方法と全く同じ方法で被害推定額 D^* と降雨量 h との関数形を求めて、 $D^*=g(h)$ とすれば、その樋門を設けることによって生ずる被害減少額 α は、降雨量 h の関数として次のように書かれる。

$$\alpha = D - D^* = f(h) - g(h) \equiv h(h) \quad \dots\dots\dots (2)$$

ゆゑに、その樋門を設けることに生ずる年間の被害減少額の期待値 $E(\alpha)$ は、

$$E(\alpha) = \int_0^\infty h(h) \cdot \varphi(h) \, dh \quad \dots\dots\dots (3)$$

で表わされる。そこで、年利率を i とし、その樋門の維持管理費を年間 M とすれば、樋門の建設によって生ずる N 年間の出費は、

$$\begin{aligned} A(1+i)^N + M(1+i)^{N-1} + M(1+i)^{N-2} + \dots + M(1+i) + M \\ = A(1+i)^N + (M/i) \{ (1+i)^N - 1 \} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (4)$$

である。いっぽう、年間の被害減少額の期待値 $E(\alpha)$ は毎年同じであるから、 N 年間にわたる元利合計は次の式で表わされる。

$$\begin{aligned} E(\alpha)(1+i)^{N-1} + E(\alpha)(1+i)^{N-2} + \dots + E(\alpha)(1+i) + E(\alpha) \\ = [E(\alpha)/i] \{ (1+i)^N - 1 \} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (5)$$

したがって、(4)式と(5)式とを等しいとおけば、償却年数 N が次のように求まる。

$$N = \{ \log_{10} \{ E(\alpha) - M \} - \log_{10} \{ E(\alpha) - M - A i \} \} / \log_{10} (1+i) \quad \dots\dots\dots (6)$$

筆者が吉野川などに適用して得られた結果については講演時に説明することとする。