

(21) 低平地における総合水管理に関する一考察

—オランダと佐賀低平地の水管理比較—

THE STUDY ON INTEGRATED WATER MANAGEMENT IN LOWLAND
- A COMPARATIVE STUDY BETWEEN THE WATER MANAGEMENT -
SYSTEMS IN THE NETHERLANDS AND IN SAGA LOWLAND

野原昭雄*・古賀憲一*・荒木宏之**・渡辺訓甫*・権藤幸彦***

Akio NOHARA*, Kenichi KOGA*, Hiroyuki ARAKI**, Kunitoshi WATANABE*, Yukihiko GONDO***

ABSTRACT; A lowland area has faced many water problems such as flood, drainage, water pollution, saltwater intrusion, etc. Generally, an integrated water management system is needed to solve these problems in the lowland area, both in terms of water quantity and quality. The main objective of this study is to develop the integrated water management system for Saga lowland. A comparative study between the water management systems in the Netherlands and Saga lowland is carried out. The Policy Analysis of Water Management for the Netherlands (PAWN project) is reviewed to clear the concept of integrated water management in lowland. The water system in Saga area is evaluated from the view point of flood control and drainage by using a computer model. Main conclusions of this study are as follow ;

- 1) New concept for water management/control system should be developed in Japan.
- 2) Drainage system planning in Saga lowland has been limited by flood control system of the main river, in terms of design period and capacity.
- 3) Open channel network with some facilities such as storage ponds, pumping stations, etc. are an efficient water system in lowland.
- 4) Policy analysis of water management especially for lowland should be conducted to develop the integrated water management.

KEYWORDS; integrated water management, lowland, open channel network, policy analysis

1. はじめに

水問題は、一般的に「水量」と「水質」に関するもの、「制御」と「管理」に関するものに大別されるが、我国においては地形や気象条件などから「水量」あるいは「制御」に重点を置いた水問題の対策から始められ、現在は「水質」あるいは「管理」も重要になりつつある。総合水管理とは、基本的に流域全域を対象として、水量と水質を持続的に管理することを意味し、機能面については利水、治水、親水そして自然環境の保全をも対象としている。したがって、治水や用水などに関する基盤は管理に必要な基本フレームとして位置づけられるものである。

我国においては低平地（低湿地）と呼ばれる地域が数多く存在しており、これら低平地が抱えている水

-
- | | |
|--------------------|---|
| * 佐賀大学理工学部 | Faculty of Science and Engineering, Saga University |
| ** 佐賀大学低平地防災研究センター | Institute of Lowland Technology, Saga University |
| *** (財)佐賀県土木建築技術協会 | Saga Agency of Public Works Consultants |

問題は多岐に渡る。低平地特有の水問題の一例として内水排除（浸水問題）が挙げられる。本来ならば内水と外水を区別しない総合治水の観点からの水制御が必要であるが、投資効率などの制約条件から内水・外水分離型の制御対策が講じられているのが現状のようである。一方、我国最大の干満差を有する有明海に面している佐賀平野では、現在でも夕立程度の降雨で頻繁に浸水被害が生じており、さらには、下水道整備の遅れなどから、クリークで代表される水系ネットワークの水質汚濁も深刻な問題となっている。したがって、佐賀低平地のような自然条件や経済投資効率の面から見ても不利な条件を有している低平地域においては、地域特性を考慮しつつ、過度な投資を必要としない合理的な水系システムとそれに付随する総合的水管理手法の確立が必要不可欠と言える。現在のところ、低平地の総合水管理に関してはオランダにおいてPAWN研究（Policy Analysis of the Water Management for the Netherlands, 1976-1981）と呼ばれる検討が先駆的になされた程度である。

本研究は佐賀低平地で代表されるような低平地の総合水管理システムの確立を最終目的として、水管理比較の観点から、オランダにおける総合水管理について考察を加え、さらには佐賀低平地における水制御および総合水管理（水量・水質・親水）に関する問題提起と問題解決のための方策について検討を加えたものである。

2. オランダにおける水管理の概要

図-1にオランダ国土の概略図を示す。オランダは、国土面積340万ha、人口1500万人の人口密度の高い国である。国土は低平地地域と高地地域の2つの地域に大別されるが、国土の約70%が低平地である。年間平均降水量は750~800mmである¹⁾。オランダにおける水問題は、低平地地域における洪水防除、排水、塩水の侵入、地下水の汲み上げによる地盤沈下、高地地域における灌漑用水の不足が主要なものであった。これらの内、洪水防除及び排水など水量制御に関する深刻な問題はデルタプロジェクトなどの大型事業によって既に解決されているが、現在、富栄養化やライン川の水質汚濁あるいは生態系に関することが重要な問題となっている。以下にオランダにおける水管理の概要を述べる。

1) ボルダーと地下水位管理

低平地国であるオランダの水制御・管理の歴史は、堤防で囲まれた領域、すなわち干拓の歴史といえる。現在の国土の半分は、かつては低湿地であった。この低湿地を開発するために、堤防で囲まれた土地（ボルダー）の開発すなわち干陸化が進められた。図-2に現在の標準的なボルダーの断面図を示す。ボルダー内

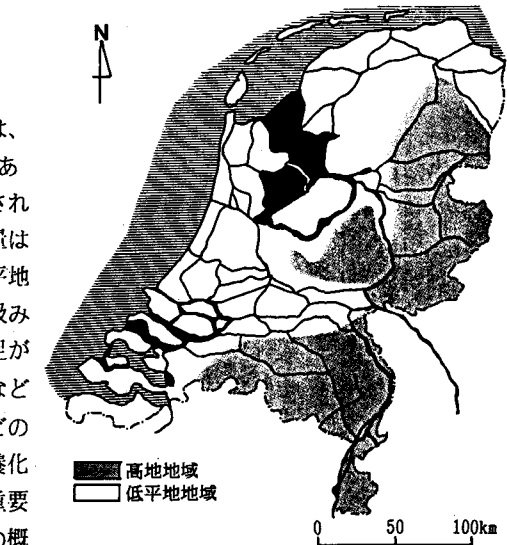


図-1 オランダ国土概略図

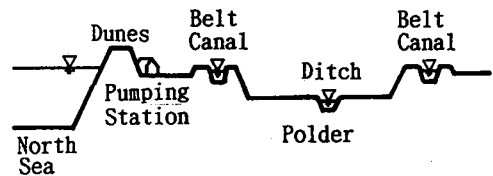


図-2 ボルダー断面図

には水路網(ditch)が張り巡らされ、排水ポンプによってボルダー外の主水路(Belt Canal="Boezem")に排水され、最終的には海へと排水される。オランダのボルダーにおいては、特に農業サイドから水位を作物の根部以下に設定する必要があるので、地下水位の管理が重要となる。地盤沈下や構造物の不等沈下防止の観点からは地下水位をなるべく高くし、かつ、その変動量を抑制する必要がある。したがって、これらの要求を満足させるために、地下水位のきめ細かな管理が必要であり、具体的には1~10cmオーダーで水路の水位管理が行なわれている²⁾。

2) 地域的な水管理組織（水利組合）

オランダの水管理は、現在、中央政府、州、地方の自治体（後述する水利組合も含めて）の3つのレベルで行なわれている。中央政府は主要な河川、運河、入り江、湖などの管理と地域の水管理の監督を行なっている。州は地域的な水政策の責任を負っているが、実際の水量・水質の管理任務は州内の水利組合に委託されている。州の水管理に関して重要な業務の一つは地下水管理である。地方自治体の水管理に関する任務は、下水処理施設の建設・管理・修復に制限されている³⁾。オランダの水管理で運営面において最も重要な役割を担っているのが“Waterschappen”（Water-board、水利組合もしくは水委員会と言われている）である。この水利組合は一つあるいは複数のボルダー内の水量・水質の管理に加えて水位調節、堤防、道路、橋、ポンプの建設と維持、つまりボルダー内の水に関連するもの総てを取り扱っている。一つまたは複数のボルダーに一つの水利組合が存在し、そのボルダーを流域単位として、前述したようにきめの細かい地下水位・水路水位管理を行なっており、基本的にはこの形態は中世から現在まで存続している。ボルダーの数は1953年には2544であったが、管理組織の効率化や状況の変化（主に水質問題を解決するために）に対応して統合化が進められ、現在は128となっている⁴⁾。水利組合は政府の示したガイドラインに沿って、実際の総合的な施策を行なうことが法律によって保証されている。水利組合の財政面に関する原則は、受益者負担であり、管轄地域内の住民から組合費を徴収している。このように、オランダにおいては、上部の統治組織の監督下にあるものの、水利組合の存在によって、一つまたは複数のボルダーという各流域単位で高い独立性を持った水管理が行なわれてきたといえる。

3) 水路網とポンプによる内水排除

ボルダーからの排水は、水路網からポンプによって主水路に速やかに排除され、その後、外海へ排除される。特筆すべきことは、市街部や農地の水路における水面から地平面までの距離が20cm前後ときわめて小さいことである。このことは、オランダの降水量が少ないことに加えて、ポンプ規模に余力があり、きめ細かいポンプの稼働が可能であることを表わしている。逆に言えば、オランダではボルダー内の排水を適切に行なうための水路網設計を支援する水理モデルが開発され⁵⁾、計画の段階から適用されていることを意味している。

4) 水管理に関する政策分析に関する研究（PAWN研究）

オランダの低平地域には約5000ものボルダーが存在している⁶⁾。前述したように、各ボルダー内では地下水位の管理が重要であり、微妙に異なるボルダーの地盤高に応じて、堰やポンプなどを設けて面的に張り巡らされた水路網の水位を調節するなど、ボルダーを一つの流域として水管理を行なう必要があった。また、各ボルダーから排出された余剰水を海まで導くために、各ボルダーは水路（運河）でネットワーク状に結びつけられているので、水質問題に対処するためには複数のボルダーもしくは国全体で水管理を考えなければならない。このようにオランダにおいては、管理目的に応じた空間スケールで総合的に水管理を行なう必要があったといえる。また、オランダにおける水利用形態としては、農業、内陸航行、上水、産業、発電などが挙げられる。ある特定の目的だけに注目して水管理を行なうと、流速、水位、水質などが変化するので、他の水利用や水資源に悪影響を及ぼす可能性がある。つまり、適切な水管理を行なうためには各水利用形態、表流水と地下水の水量と水質への影響を予め把握しておく必要がある。以上のように、オランダでは総合水管理を行なう必然性から、それを可能にする種々の技術や水利組合で代表される管理組織、すなわち社会システムが長年の間に培われて来たものと思われる。オランダでは近年、特に1970年代に水不足による大規模な農業被害が生じ、さらには富栄養化などの水質汚濁も深刻な問題として認知されるようになった。これらの問題に対処するために、各水利用形態、水質と水量などを考慮に入れた水管理の政策分析（PAWN研究）が行なわれた。PAWN研究の目的は、国家による水管理政策に関する多様な結果を評価するための方法論を確立させること、水管理政策を策定する際、あるいはそれに関する政策分析にこの方法論を適用することなどであり、1976年から1981年にかけて研究が実施された。研究は運輸・土木省（“Rijkswatersta

at”）、デルフト水理研究所さらにアメリカのランド研究所が中心となって行なわれた。研究に従事した研究者の数は約125人・年であった。政策分析について客観的な視点からの評価を必要としたため、米国のランド研究所が参加した。PAWN研究で開発された水管理政策の策定とその評価に関する一般的なアプローチは、図-3に示されるような種々の分析プロセスから構成されている。主要なプロセスは「政策のスクリーニング」、「政策の案出」、「影響評価」である。

tacticsは水管理を改善するための一つの戦術的手段であり、技術的（施設の建設など）、管理的（水門の制御方法の変更など）、価格・規制（汚濁税など）というように多岐に渡っている。「政策のスクリーニング」プロセスにおいて、これらの多くのtacticsの中から実現可能で有効なものを選ぶために、費用便益と投資基準をもとに粗い評価が行なわれる。「政策の案出」プロセスにおいては、政策（strategy）が有効なtacticsの組み合わせにより構築される。「影響評価」のプロセスでは、このようにして得られたstrategyをあらゆる側面から評価検討する。この際、種々のコンピュータモデルが構築され活用されている。影響評価の結果、strategyに問題がある場合は再び「政策の案出」プロセスに戻って、影響評価の結果として問題がなくなるまで反復が行なわれる。以上のプロセスを経て得られたいくつかのstrategyの最終的な比較はスコアカード法と呼ばれる簡単な評価手法で行なわれている。これは各strategyについて検討された評価基準に対応する一覧結果を提示するだけであり、最終的な政策決定は意志決定者によってなされるシステムとなっている。PAWN研究によって、オランダにおける水の需要の実態がすべて洗い出され、いろいろなケースについてどのような解決法があるかということが明らかとなった。また、評価を行なう際には経済的な観点の他に、自然環境などの観点も必要であるという指摘がなされた。その後、PAWNは水資源管理の目的の変化（生態系の重要視）にともない改訂されたり（PAWN2）、諸外国（インドネシアなど）に適用されたりしている⁷⁾。

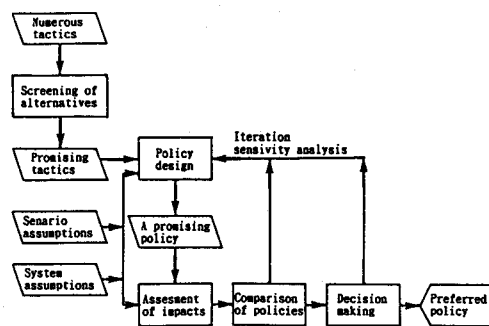


図-3 PAWNの政策分析段階

3. 佐賀低平地における水制御

低平地の水管理について、オランダと佐賀低平地を比較する際に留意しなければならないことは、降雨特性の違いである。我国の年間平均降雨量はオランダの2倍強であり、降雨強度もかなり大きく、その分布も異なっている。したがって、佐賀低平地の水管理については、まず、治水に重点を置いた水制御に関する検討が必要と考えられる。特に、低平地河川は感潮河川であること、および我国の治水対策は高水優先であることから内水排除のための機械排水の必要性や水路網の活用法について考察を加えることとする。

1) 感潮河川における水制御

低平地を流れる感潮河川の河道計画策定に際しては、現在のところ全国一律の手法で策定されており（現行方式）、感潮河川としての流れ特性を充分考慮にいたした計画策定がなされているとは言い難いようである。具体的には、感潮河川の流れは潮位変動の影響を強く受けるものの、境界条件として一定の河口水位を与えている（特別の事情がない限り朔望平均満潮位）。このことは、より安全側の治水計画であるという考えに立脚している。佐賀平野の六角川を対象にして、河口水位を朔望平均満潮位（現行方式）とした場合（不等流計算）と潮位変動を与えた場合（不定流計算）について水理計算を行なった⁸⁾。結果を図-4に示す。不定流計算結果

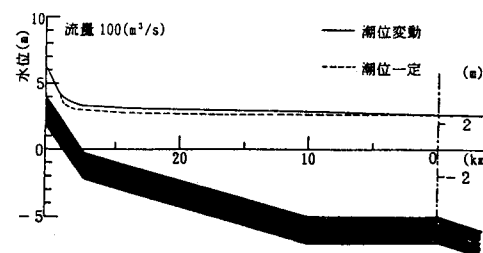


図-4 モデル河道水位

は満潮時付近の瞬間的な水位を示している。この図において、満潮時付近の水位が（河口水位として潮位変動を与えた場合）、河口水位一定（朔望平均満潮位）のものに比べ高くなる領域の存在が認められる。このことから、六角川感潮部は上流流量の大小によっては海域の特性をも有することが分かる。また、六角川において、上流流量を増加させた場合の上・中・下流域における最高水位の変化を図-5に示す。海域としての特性をもつ下流域では流量増加に伴う水位上昇が、上流流量750(m^3/s)まで、ほとんど生じていないことが分かる。上流域では河川の流況特性が顕著に現われるために流量の増大に伴って水位が上昇し水面勾配も急となる。このように感潮河川の場合は海域の特性をもつ下流域において、上流流量の増加に伴う水位の上昇がほとんど生じないという特性があるので、内水の放流先の相違は治水計画に重要となる。したがって、感潮河川に対しては海域の特性を適切に考慮することをまず基本にして、流域によって内水の排除先を、1) 流域の河川、2) 海域の特性をもつ河川の下流域もしくは海域に設定することなどの検討も必要であろう。我国の河川は一般的には急峻な勾配を持つ場合が多く、これらの河川に対して現有の河道計画が大きな矛盾点を有するものとは思われないが、低平地河川、特に我国最大の干満差を有する有明海に面している感潮河川に対しては独自の水制御も重要と思われ、さらには、そのための基盤が整備されて初めて水管理あるいは水質面からの管理も可能になるものと考えられる。

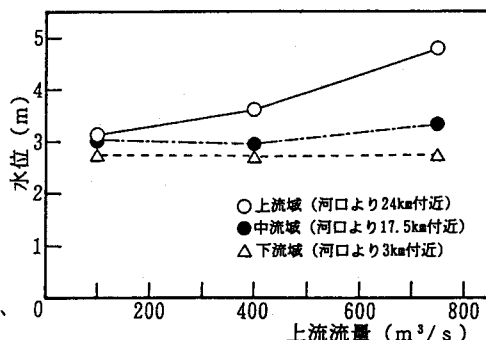


図-5 上流流量と最高水位の関係（矩形モデル河道）

2) 機械排水の必要性

低平地における内水排除を行なう場合、自然流下による排水効果を予め見積って置くことは重要である。佐賀低平地において、自然排水施設である現有の樋管整備状況を把握し、これらの樋管断面積を拡大させた場合を想定して、被害軽減の効果（湛水位、湛水時間、被害額の軽減）を算定した。その結果、一般的な樋管規模5~8 m^2/km^2 と言われているものと同程度の6~8 m^2/km^2 で軽減効果が上限となり、これ以上の樋管拡大による効果は期待できないことが明らかとなった。すなわち低平地の内水排除を自然排水で行なうのには限度があり、ポンプによる強制排水や調整池が必要不可欠である⁹⁾。計画規模1/30の降雨に対して、内水を排除するための必要排水規模から比排水量分布を求め、その結果を図-6に示す。佐賀低平地（六角川・牛津川流域）の場合、比排水量で概ね2~5 $\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ 程度のポンプ規模が必要であることが分かる。しかしながら、我国の機械排水システムについては、比排水量で2 $\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ 程度が経済効果からみた一般的な上限値となっているようであり、低平地先進国であるオランダに比べて投資効率および降雨特性からみてわが国の低平地の内水排除は不利な条件を有していると言えよう。

3) 水路網の活用

前述したように、低平地からの自然排水は一般的には困難であり、また主要感潮河川の河道流下能力を過度に期待することは得策ではない場合もあり得ることから、ここでは内水の排水システムのみについて検討を加える。ケーススタディとして、六角川の右岸側の内水域を対象とし、この内水域に図-7に示すような水路と連結した排水機場もしくは調整池を設置することによって雨水を排除させるものとし、流出解析を行なった¹⁰⁾。水路からの越流を認めない場合（完全排水と略記）と水路に湛水

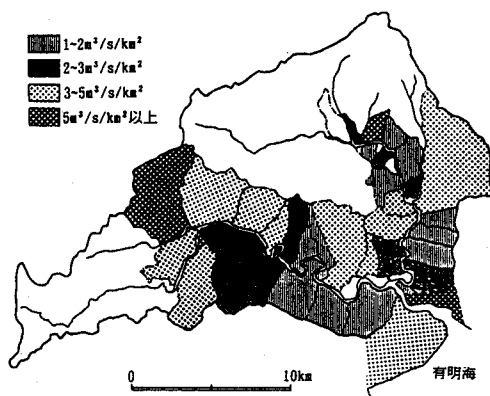


図-6 比排水量分布

部を設けた場合（湛水部有り）と略記）の双方について、実績降雨に基づいた水位・水量予測を行なった。完全排水の場合と湛水部あり場合のハイドログラフを図-8に示す。この図から、湛水部有りの場合のピーク流量は約1/2程度となることが分かる。湛水部有りのピーク流量は湛水部の粗度によって抑制されていることから、同様の抑制効果を他の方法によって再現させることは充分可能である。具体的には、単線水路の代替水系として水路網が考えられる。すなわち、複雑な網目状で連結させることにより、巨視的な粗度を増し、かつ遊水効果も加えることによりピーク流量の分散化が可能となる。佐賀低平地には、条里制時代に形成された水路網が残されている地域もあり、また圃場が整備された地域においても水路網の面積密度は整備前のもと同程度であるので、これらの既存の水路網（主に用水路）を活用することが可能となれば、社会基盤に対して新たに過度な投資を行なうことなく、防災上の軽減効果を期待することが可能となる。このように、水路網を単に用水路のみならず、排水あるいは治水機能も含めた多機能水路網として水の制御並びに管理を行なうことが、低平地の水系の基本と考えられる。いずれにしても、オランダの例にも見られるように、低平地の水管理に際しては、水路網の持っている機能を充分把握するための検討が今後必要と言えよう。

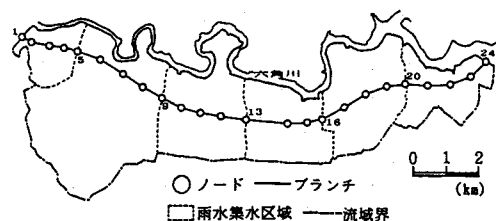


図-7 対象地域における水路の配置と断面

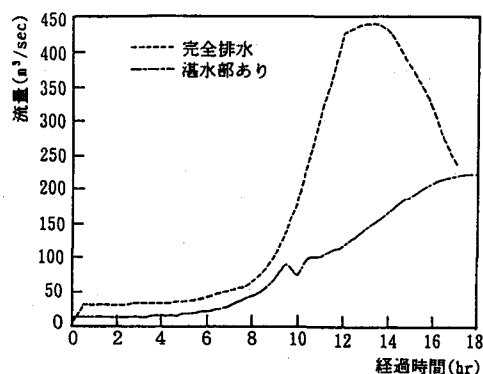


図-8 ハイドログラフ

以上の結果を踏まえて、低平地における水制御の考え方についてまとめてみる。低平地における合理的な治水は感潮河川と機械排水・調整池を有する水路網の併用が基本となる。さらに、感潮河川は海域と河川の双方の流れ特性を併せ持つので、河道計画においては不定流計算が基本となる。また、低平地の内水を排除するには、河川の河床勾配が緩やかであり河道の排水能力が限られていることから、河川が受け持つべき内水と海域へ直接排水されなければならない内水との分離が必要である。低平地からの内水排除は線的な河川・水路系に依存するのではなく、面的に広がった水路などのいわゆるネットワークを活用し、水の持っているエネルギーや最大流量を分散させつつ沿岸部へと導き、最終的には分散型の機械排水システム（調整池も含む）で海域へ排除することが基本となると考えられる。オランダのような低平地先進国では水路網を核とした水系の必要性が認知されており、そのための数値計算手法も実用に供しうるものが数多くある。しかし、わが国の場合、開水路網の流れ計算手法はいくつかの例^{11, 12, 13, 14)}を除けば未だ開発途上の段階と言え、このことから、わが国の低平地の水制御・管理について残されている課題は多いといえる。

4. 佐賀平野への総合水管理の適用

前述した水量の制御に加えて、水質の管理は重要な検討課題である。低平地における水量制御では、水路網の活用が基盤となるので、水質管理も低平地全体をひとつの流域として、複雑に張り巡らされた水路網を核とする総合的な手法が必要となる。佐賀低平地の水路網の水質特性として、流量の不足や水路床勾配が緩いために、沈降によるヘドロ化、富栄養化など湖沼型の水質特性を有していることなどが明らかとなっている¹³⁾。さらに複雑な水路・河川網における水質予測モデルを新たに構築し、清流の導水による水質改善効果について検討を行なった結果、下水道整備後も環境維持用水として有効であることが明らかとなっている¹⁴⁾。このように長期的観点に立った場合、下水道整備による水質汚濁制御に加えて、必要コストの観点から

最小の維持流量で最良の水質が得られるように維持水量を見積り、かつ適切な流量配分を行なうなどの水量・水質の管理を行なう必要がある。低平地の水問題を解決するにあたって、水制御の観点から、図-9のように低平地全体を一つの流域とした低平地独特の総合的な水制御システムの構築が必要であるといえる。この水系システムを基礎に、水質改善の観点から表流水の水量と水質、地盤沈下防止及び利水の観点から地下水の汲み上げ・涵養量及びその水質を同時に管理する必要がある。さらに、近年、水辺のもつ親水機能や自然環境の保全が注目を集めていることから、総合的な水管理（水量・水質）が必要であるといえる。水量に関しては、オランダにおいて長年培われた総合水管理手法が一つの先進例と言え、わが国で総合水管理手法を開発する際に、技術的、制度的に手本となる点が多いと考えられる。しかしわが国の場合、年間降水量が多いこと、梅雨期には集中的な豪雨が多いことに加えて山水対策も必要となることからオランダの内水排除あるいは総合水管理システムに比べて、より厳しい条件が課せられているといえる。水質に関しては、水質汚濁が比較的新しい問題であることから、オランダにおいても未だ検討すべき課題が残されているようである。我国独自の低平地の総合水管理を確立するにあたっては、以下に示すような課題が残されていると言えよう。

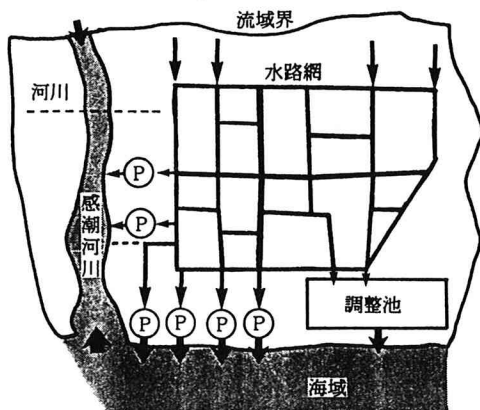


図-9 低平地総合水システム概念図

1) 制度上の課題：わが国では総合水管理に関する制度が完備されていないために、水政策を検討する場合に技術的に可能でも、その実現に際しては制度上困難な場合が多いようである。例えば、用水路を排水路として活用することは、低平地からの内水排除に効果的であると考えられるが、用水機能を満足させるための水量確保の確実性およびそのルール化が前提となり、現状の施設・管理基準では困難といえる。⁹⁾

2) 財政上の課題：佐賀平野のように土地利用が水田中心の場合、現行の治水経済要綱による経済投資効率は低く見積られる傾向にある。総合水管理を行なうための財源をオランダの水利組合のように地域のみで独自に確保することは困難である。したがって、付加価値の高い農業に移行させるなど土地利用の高度化の面からの検討が必要であり、そのためには表流水のみならず、地下水まで含めた水質・水量の管理が前提となろう。さらには、PAWNの例にも見られるような、長期的視野から見た将来における農業の経済効果の変化などを考慮に入れた経済評価手法の構築と実施が今後重要となろう。

3) 技術的課題：低平地の水管理に関しては、河川と水路網の役割分担が重要となるが、我国においては水路網の活用度が低く、そのために水路網における水位・流量計算モデルに関しても実用に供しうる段階に達しておらず、今後その開発と適用方法についての検討を重点的に進める必要がある。その際、遊水機能や強制排水能力などを取り込むことが前提なので、実時間制御などシステム制御の開発にも努める必要があろう。また、水管理に関する政策分析手法の確立とその実施は低平地に限らず流域の総合水管理の観点からも今後進められなければならないであろう。

5. まとめ

低平地の特性を考慮した水制御・管理手法を、低平地先進国であるオランダにおける水管理との比較から検討した結果、低平地の水管理に関しては、低平地であるが故に「総合的」観点が必要不可欠であることを示した。また、高水対策が優先的に進められてきた我国においては、低平地の特性を考慮した水管理手法の開発が遅れたことを感潮河川や水路網の流れ特性や現在抱えている問題を例示することによって示した。今後は、1) 河川・水路網による内水と外水との適切な役割分担の明確化、2) 分散型の機械排水システム

(調整池も含む)による海域への排除システムについて検討を進める必要がある。また、水質に関しては、下水道整備によって汚濁制御が行なわれた後も、富栄養化防止などの観点から水量と水質の管理が必要である。これらのことから低平地では、1)低平地全体を一つの流域として扱い、2)治水と利水を考慮し、3)水量、水質、親水を同時に扱う総合的な低平地水管理手法が必要であるといえる。総合水管理の実現にあたっては制度的、財政的、技術的課題があるが、さしあたっては低平地の水管理計画の策定に用いる数値計算モデルの開発や長期的かつ総合的な水管理政策をサポートする政策分析手法の研究が進められなければならない。今後、地球温暖化現象に起因する海面の上昇により、低平地からの排水がますます困難になったり、気候変動により局所的な豪雨が生じ、低平地の内水排除がより重要になることも考えられる。また、佐賀平野においては付加価値の高い農業へと転換するためには地下水位の管理が重要になると考えられる。このように、我国最大の干満差を有している有明海沿岸部の低平地にとって、水を取り巻く環境はより厳しい状況になることも十分考えられるので、長期的観点にたった総合水管理手法の確立は急務の課題であるといえる。

【謝辞】本研究の遂行にあたり、建設省武雄工事事務所ならびに(財)国土開発技術研究センターの方々に多大なる御協力を頂きました。P.Ankum氏(Delft工科大学)には、オランダの水管理に関する討議に加わっていただきました。また、滋賀県琵琶湖研究所の中村正久氏、W.Liencharernsiti氏(Kasetsart大学)からも貴重な助言を頂きました。これらの方々に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1)P.Ankum,K.Koga,W.A.Segeren: Integrated water resources management in the Netherlands, Proceedings of the International Symposium on Shallow Sea and Low Land, pp.67-78, Oct.1988
- 2)P.Ankum,K.Koga,W.A.Segeren,J.Luijendijk:Lesoons from 1200 year's impolering in the Netherlands ,Proceedings of the International Symposium on Shallow Sea and Low Land, pp.101-108, Oct.1988
- 3)H.J.Colenbrander,etc.: Water in the Netherlands, TNO, pp.36-42, 1988
- 4)P.Ankum: Water policy and management in the Netherlands, Proceeding of the ILT Seminar on Problems of Lowland Development, pp.27-36, 1992
- 5)W.Schuurmans: A Model to Study the Hydraulic Performance of Controlled Irrigation Canal, PhD.thesis Delft, 1991
- 6)オランダ地理便覧, オランダ外務省/オランダ地理情報文献センター, pp.10, 1985
- 7)R.Koudstaal,etc.: Planning for water resources management in the Netherlands, Delft Hydraulics/Institute for Land and Water management Research, pp.47-58
- 8)矢田,野原,荒木,古賀: 低平地河川の流れ特性に関する数値解析-六角川流域を対象として-, 平成4年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.274, 1993
- 9)権藤,遠田,古賀,野原,渡辺,荒木: 佐賀低平地における水管理-内水排除システムの観点から-, 環境システム研究, Vol.20, pp.365-371, 1992
- 10)橋本,野原,荒木,古賀: 低平地の内水排除に関する研究-六角川流域を対象として-, 平成4年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.296, 1993
- 11)岩佐,綾,山本: ネットワーク状水路の水理解析, 京都大学防災研究所年報第19号, pp.201-219, 1976
- 12)金本,常松: グラフ理論による河川網不定流の水理解析, 土木学会論文集, No.429, pp.65-75, 1991
- 13)古賀,野原,荒木,渡辺: 佐賀クリーク網の水質管理に関する研究-浄化用水量の推定-, 環境システム研究, Vol.19, pp.112-117, 1991
- 14)佐藤,古賀,荒木,野原: 水質予測モデルを用いた佐賀クリーク網の環境維持用水量の検討, 土木学会第47回年次学術講演会概要集, pp.976, 1992