

2 農用地開発事業の技術

北海道の農業発展を阻害してきた大きな要因は、厳しい気象条件と農牧適地の大半を占める特殊土壤である。とりわけ、泥炭土・火山灰性土・重粘土・酸性土などの特殊土壤は、農用地の開発に際し、その個々の特異な性質から特別な施工法や改良技術が必要である。

北海道の農用地開発は、古くは道南の渡島平野の函館周辺や道央の札幌付近の平野部、道東十勝の平野部など、主として海岸平野部の農耕のしやすい地形と土壤条件を備えていた沖積低地から始まり、徐々に内陸の台地や山麓斜面部に進んでいった。こういった開発は、土壤条件よりむしろ地形的条件から進められていたようで、当時の農耕技術の限界まで開発されていたものと思われる。つまり、条件のよい農牧適地は、開発の進展とともに年々減少し、開発の対象地は、泥炭地などの湿潤地帯、あるいは石礫地帯や急傾斜地帯などの条件の厳しい地域が多く残り、その後、機械力を駆使した大規模な開発と特殊土壤の改良技術の発達まで待つことになる。

北海道開発局は、こういった条件の不利な土地を対象に、一連の食料増産などの農業政策とあいまって、農地開発の機械化と各種の特殊土壤を克服する技術によって大規模な農用地の開発を効率的に行ってきた。また、併せて、農産物や農業資材などの運搬のための道路の建設、営農に必要な関連施設が建設されていったが、これらは、凍上対策など積雪寒冷地としての技術上の各種対策がとられ北海道農業の発展に貢献してきた。

特殊土壤のうち、泥炭土は、夏期に生育し繁茂した水辺のヨシ、スゲ、ミズゴケなどが、秋に枯死して水中に沈積し、土砂なども混じって未分解のまま順次陸化してできる軟弱な有機質含有量の高い土壤で、生成過程や構成植物により、低位・中位・高位泥炭に分類される。これらの泥炭土は、一般に河畔下流域の低地に分布し、排水条件が悪く地下水位が高いことと、土壤水分と有機質分が多いことから、作物の生育条件の改善と農業機械の走行性の改善策として地耐力の確保を図るための排水改良と客土等の対策が必要である。

排水改良は、各ほ場の地下水位を下げることを目的とする暗渠排水と地表水を排除する明渠排水と組み合わせで行われるが、とりわけ暗渠排水は、その材料や配置構成の方法に改良がなされてきた。また、泥炭地の客土では、軟弱地盤のため、古くから冬期に馬そりにより行われてきたが、開発局では、軌道運搬やポンプ船、索道などの特徴的な機械、方法により効率的な施工が行われたほか、この泥炭地開発のなかで湿地用ブルドーザーなど土工機械が開発され実用化された。

火山灰土は、地質年代、組成の粒径、構成鉱物、風化の程度、あるいは、堆積状況などにより様々な性質と複雑な土層構成を示し、これが火山灰性地の農用地開発上の課題となっている。道東地方に多く分布する細粒質なものは、堆積条件や周辺の土地条件から排水不良地と成っている場合が多く、暗渠排水による排水改良が行われている。一方、道南地方などの粗粒火山灰土では、下層の埋没土層に有用な腐食物や有機質成分、細粒質を多く含むものがあり、こういった埋没土を利用し、作土の肥沃性や土壤の保水性などを改善するため、混層耕・反転客土・改良反転客土といった土層改良が行われている。

重粘土は、道北地方に多く分布するが、その理化学的特性から農地化に対して多くの阻害要因を含んでいる。これらの改良には、余剰水の排除と土壤通気性の改善、地温の上昇や地耐力の確保などを目的

にした暗渠排水、硬い心土を強制的に破壊し土層内に亀裂をつくる心土破碎、また、砂質土を混合して土壌の特理性を改善する砂客土などがある。多くの場合これらの改良対策は、組み合わせて行われ十分な成果を得ている。

農地の造成は、従来、比較的平坦な地形の山林原野をその地形成りに拓く山成畑工が採られてきたが、営農の機械化の進展と造成適地の奥地化から、ほ場の平坦化と大規模な区画形状の整った農地に造成する改良山成畑工が採用されるようになった。この造成方法は、土工機械を駆使して起伏や傾斜のある土地を改良するもので、工事中や営農段階における土壌浸食、土砂流亡等に配慮した法面の崩壊防止対策、排水処理など農地と環境の保全対策が論じられている。また、有機質に富んだ表土をはぎとり、その下の地山を切り盛りしはぎとった表土を戻して畑を造成するなど生産性の高い農地が造成されている。

草地の造成では、根釧原野の開発以来、大型の機械力を利用した開墾方式が広く行われてきたが、農地造成の機械類の改良開発にともない施工方法も発達して多様なものがある。また急傾斜地における蹄耕法やシードペレットによる直播法などの自然地の形態をそのまま利用する不耕起法も取り入れられている。

北海道開発局の行う草地開発事業は、地元の市町村や農協等が経営する大規模公共牧場の草地基盤の造成であり、草地の少ない酪農畜産農家がこの牧場の草地を利用して実質的に飼養頭数の増加を図ることで経営規模の拡大が可能となっている。また、大規模な飼料基盤の開発として特筆すべきものとして、北海道開発局が計画立案し農用地整備公団が施工した、根室中部地域の1万5千haにもおよぶ新酪農村建設事業がある。この事業では、近代的な酪農畜産システムに見合った営農諸施設の整備や草地の効率的な利用体制が採られ、当地域は、EU諸国をしのぐ水準の、我が国最大の酪農地帯として生まれ変わっている。

(1) 原野を切り開く農用地開発の技術

ア 農地造成の機械化 ～効率的な造成工法の追求と適地の拡大～

(ア) 農地造成の機械施工

北海道において、農地を造成する技術は、明治初期の屯田兵による人力の開墾に始まり、以後、昭和20年頃までは人力と畜力で開墾を行う技術を主体に進められてきた（写真-33）。

終戦により、外地からの引揚者の増加もあって、人口の収容と食料の確保が緊急の課題となり、このため、早急な農地の造成が必要となり、機械力による造成工法が採用された。

抜根作業に装甲車の改良型を活用したのが、機械施工のはしりと言われているが、当時は機械の性能も悪く、技術の未熟さも加わり、計画した成果をあげられず、再び人力と畜力による開墾に戻った時期もあった。

その後、北海道開発局が、本道に対する食料増産への期待に応えるべく、昭和26年度に着手した篠津地域泥炭地開発事業では、水田かんがい施設の建設に外国製や国産の各種土木機械を駆使した本格的な機械施工が採用され、今日の農業開発における機械施工技術の確立に大きな役割を果たした。また、この事業の工事の中で、現在広く使用されている湿地用ブルドーザーが開発され、その後の超湿地・超々湿地用ブルドーザーの開発もあり、北海道の農地の30%を占めるとも

言われる低湿地帯における工事に大きく貢献した。

昭和 36 年に農業基本法が制定されたが、時を同じくして開拓パイロット事業（昭和 45 年度に農地開発事業に改称）が発足した。この事業は、農道や排水路等の施設から農地の造成まで、国や都道府県が一貫して施工するものであり、特に国（北海道開発局）が実施するのは、農地の造成面積が 400ha 以上の大規模な地区である。以来、農地造成機械の開発・改良と施工技術の確立により、短期間に確実な施工を行うために、施設の建設を始めとして、農地の造成までの一連の工事を機械で施工する方式を採用してきた。



写真-33 耕馬による耕起

その結果、昭和 48 年度には、北海道開発局の年間の造成農地面積は、約 7,700ha（以下の農地面積には草地の造成面積を含む）と最大に達した。また、昭和 21 年度から開墾建設

事業等の直轄事業で造成した農地面積は、約 36 万 6 千 ha と、全道の耕地面積（116 万 ha）の 32% にも達している。これは、奈良県の全面積相当をこの 60 年余りで整備したことになる。

(イ) 農地造成における新技術

北海道開発局は、農地造成の実施にあたり、個々の土地に適した機械の開発・改良と新しい技術の導入を行い、優良な農地の造成と工事費用の節減に努めてきた。その事例を紹介する。

a 樹木の根株処理の機械施工

農地造成の対象地となる土地は、山林・原野であり、ここに残っている樹木の根株は農地造成作業上の大きな支障となっていた。これを抜き取り・排出する作業（抜排根）を機械で施工する以前は、人力・畜力及び火薬爆破により行われていた。

昭和 30 年代からのレーキドーザー（レーキ付きのブルドーザー）や油圧ショベルの開発・普及と大型化により、この作業も機械施工が可能となり、短期間に確実な根株処理が可能となった（写真-34）。

b 石礫の除去

作物が生育する土壌の中に石礫が過大に含まれていると、農作業や作物の生育・農機具の損耗等で支障となる。

この厄介者の石礫を取除く作業（石礫除去）は、従来農地の表面に現れた石礫を人手により拾い集める方法を取っていたが、昭和 50 年代に入り石礫を効果的に確実に除去できる除礫機械（ストーンローダ・自走式石礫選別機等）



写真-34 抜排根の機械施工（レーキドーザー）

や砕礫機械（ストーンクラッシャー）等が開発された（写真-35）。

この機械により、従来の人力による工法では農地の造成に不適とされていた石礫を多く含む土地も、農地として利用が出来るようになった。

c 下層の肥沃な土を活用する農地造成

北海道の農耕適地の大部分を占める特殊土壤地帯のうち、表土が痩せた火山灰や泥炭・砂礫質土等で、下層土が肥沃な沖積土や黒ボク土等の場合、表土と下層土とを大型の反転プラウや混層耕プラウ等を用いて、反転したり・混和したり・深く耕して、生産性の低い作土を生産性の高い作土に改良する工法として、反転客土工法・混層耕工法・深耕工法等がある。

北海道開発局では、長都地域（千歳市）の火山灰地で、反転客土工法を取り入れた農地造成を行った実績がある。この工法は、トラクターが牽引する大型の反転プラウにより、表土と下層土を深さ 60～100cm の範囲で上下を入れ替え（反転）し、肥沃な層の土壤を表面に出すものであり、土取場から良質土を農地に搬入し、散布する一般的な客土工法に比べ工事費が節約でき、工期も短縮できる長所がある（写真-36）。

d 表土層を活用する農地造成

北海道の山林・原野の殆どは笹で覆われており、この地下茎が表土層に密に張り巡らされ、地下茎が表土を保持しマット状になっている。この様な土地で農地造成を行う場合、慣行的なレーキドーザによる抜排根作業では作業能率は良いが、農地に大切な表土を笹の地下茎に保持されたまま農地の外へ持出され、土壤の腐食の減少・緻密化・養分保持力の低下・通気性の低下につながる。

この表土の持出しをほぼ無くする工法を、南後志地区の事業で試験的に施工した。

*表土：地表から 10～20cm の上層の土で、植物遺体の腐食物等を多量に含み、作物の生育に有効に働く、自然が長い年月をかけて作った重要な土壤。

この試験施工は、笹の地上部を刈り取り、残るマ



写真-35 石礫除去の機械施工（ストーンローダ）



写真-36 大型プラウによる反転耕起作業



写真-37 特殊リッパーによる笹根切断作業

ット状の根の部分ブルドーザーの後部に装着した2枚の刃（リッパー）で間隔45cm・深さ30cmに切断し（写真-37）、この塊を上下反転・移動し乾燥させて、表層土と笹根を分離し、作物の生育に有効な表層土を農地に残して笹の根のみを農地の外に排出する工法である。

この様に機械の改良・開発及び新しい技術の導入により、従来の方法では、農地の造成が難しかった土地を生産性の高い農地に造成するとともに、これに要する費用の節減・工期の短縮・施工の均一化も可能となった。

イ 不耕起工法による草地造成 ～環境と自然にやさしい造成技術～

(ア) 草地の造成事業と造成技術

酪農・畜産業の振興のため、公共牧場として草地の造成と、牧場経営に必要な道路や排水路、水道設備などを建設する事業を草地開発事業と云い、特に規模が大きいものを、北海道開発局が国営草地開発事業として実施し、現在までに約2万6千haの草地を造成するに至った。この事業により造成された草地は、地域の畜産農家や酪農家の共用草地として解放され、土地のない農家にとっても多く牛を飼うことができ、農家の経営拡大、安定に大きな役割をはたしている。

農地造成が農家の所有する比較的条件の良い平地を主体に展開されてきたのに対し、草地造成の対象地は、従来、地形的・土壌的条件等で、開発の手が届かなかった傾斜地や丘陵地、低湿地等が主な対象となり、農地の造成と同様、土工機械の開発・改良、施工技術の進歩により、大規模な草地の造成が可能となった。

(イ) 草地の造成工法の分類（図-27）

草地造成は、低平地から急傾斜地まで広い範囲を対象とすることから、草地の造成工法は、地形、傾斜、土質、植生、自然生態系等に配慮しながら決定され、概ね下記のように分類されている。草地造成は、また耕起法と不耕起法とに区分され、前者は機械施工が可能な場合で、後者は畜力、人力による場合である。

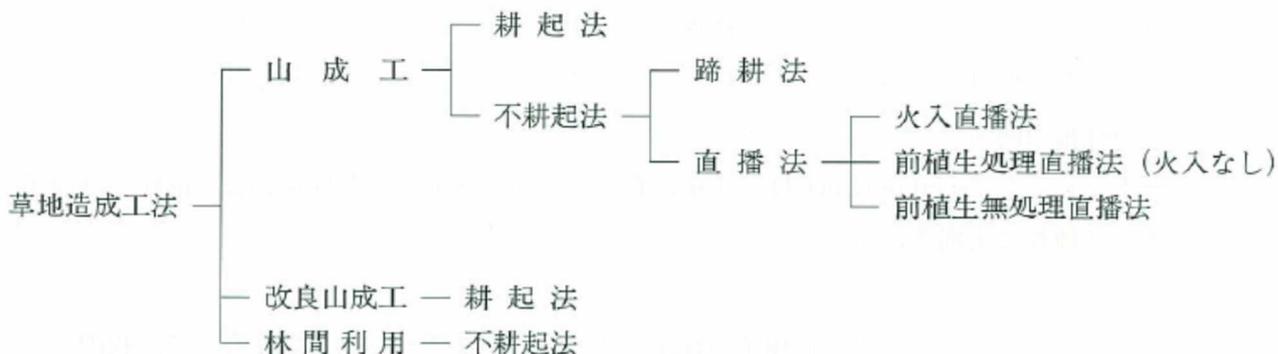


図-27 草地造成工法の分類

(ウ) 環境と自然にやさしい草地造成工法

不耕起法は、土を起こさないため土砂の流亡が極めて少なく、土砂の移動も伴わないため、改良山成工などによる耕起法に比べ、工事費も安く傾斜地の造成に適した工法である。特に、林間利用は立ち木を伐採することなく、林の中を放牧地として利用するので、林業、畜産業の両面から有効な方法であるが、造成適地や牧場管理の手間の問題等から国営事業での不耕起法の採用は少ない状況となっている。

主なる不耕起法は以下のとおりである。

a 蹄耕法（ていこうほう）（写真-38）

造成予定の野草地を対象に火入れ後、野草が十分成育した時期に牛や羊などの家畜を放牧し、野草を食べさせ、繁茂を抑制しながら土壤改良資材、肥料及び牧草種子を人力やヘリコプター等で散布し、家畜の踏圧によって発芽及び定着させ草地化する方法である。

機械施工が不適とされる傾斜度 20° から放牧の限界とされる傾斜度 35° の丘陵地でも草地化が可能であるが、放牧中の事故、ダニ等による病気等のリスクから直播法に重点が置かれるようになった。

b 直播法（ちよくはんほう）

森林の伐採に続き下草（ササ等）を処理し、前植生を抑制した後に土壤改良資材（炭カル、熔リン）及び肥料、牧草種子を人力によって散布し草地化するもので、家畜を利用しないことから人力を多く要することを除けば比較的利用度の広い工法といえる。

土壤改良資材、肥料養分、発芽促進物質で造粒したシートペレット工法が直播法の新技術として加わり、急傾斜地での施工と管理が容易であること、他の工法に比べ施工費が安あがりなこと、また、草地の更新にも最適なことから広範囲で活用された。

また、耕起法にあっても、自然と環境に配慮した造成工法が実施されている。北海道の国営事業の造成対象地はササ原が多く、ササの根は機械造成に際して厄介なものでもあるが、腐食土と一体となってルートマットを構成し、農作物にとって欠かせない、自然が永年かけて育んだ重要な有機質でもあることから、これを有効に活用できる工法が開発された。

c 新技術の開発（シードペレット）

シードペレット（seedperllet）は、土壤改良資材、肥料養分、発芽促進物質で造粒した種子のことで3種類に大別される（図-28）。



写真-38 家畜の踏圧を利用した草地化（蹄耕法）

この方法は、ペレット化することにより、種子の発芽促進、幼苗の保護、初期育成の促進等を図り、直播法の領域を広げる技術として活用され、また、草地造成の直播法の対象地は傾斜地であるため、施工の低コスト化にも寄与した。

- シードペレットの種類
- コート種子…種子を核として増粒基材で被覆するもので、我国では水稲直播栽培、ニンジン等微小種子を機械で均一播種に利用されている
 - シードペレット (5～7 mm)…基材と種子とを混合し適量の水で練ってダンゴ状にしたもので、草地の種子定着率の向上を図り、草地の更新に利用することとしている
 - マイクロシードペレット (アーモンド型20～30 mm)…基材はアーモンド型をしており、この表面に種子を付着させたもので直播工法の新技术として注目されている。

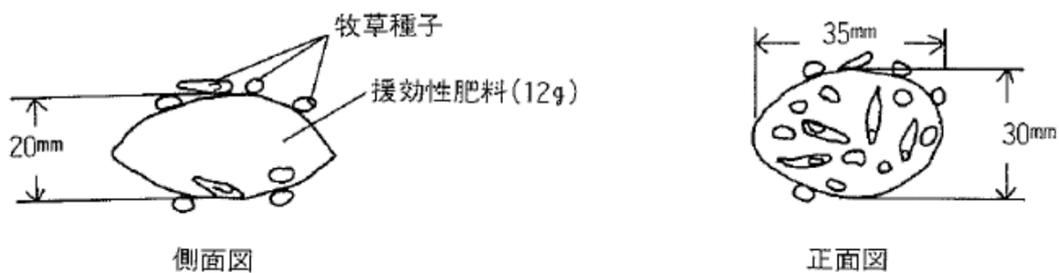


図-28 マイクロシードペレットの詳細

ウ 改良山成畑工 ～機械化営農に応える技術～

(ア) 改良山成畑工による農地造成

比較的平坦な現況地形勾配をそのままに、立木を伐りその根株を除去し搬出のうえ畑面を仕上げる山成畑工法に対し、改良山成畑工は、複雑な地形や急傾斜の土地を、ブルドーザー等の土工機械で削取り、谷等に盛土してなだらかな地表の畑地を造成する工法である。

この工法は、地形が改善されたり、造成後の有効畑面積率が大きいなどの長所があるが、土工量が大きく、土砂流出などに対して農地保全や防災対策等を講じなければならない。普通畑、牧草畑、樹園地のいずれにも適用され、大型機械を利用した近代的農作業を行うためには主要な開畑工法である。北海道開発局では昭和49年度から国営農地開発事業・相和地区に導入された。

(イ) 改良山成畑工のタイプ (図-29)

この工法は、現況地形タイプに応じて次の2タイプがある。

- ①傾斜緩和型：山の頂部や山の腹部の傾斜面を削取り、谷部を埋めて全体に緩傾斜の造成勾配に仕上げる。

②しゅう曲修正型：現況の地形の起伏を削取りと埋立てによって修正し、ほぼ均一な勾配のほ場を造成する。

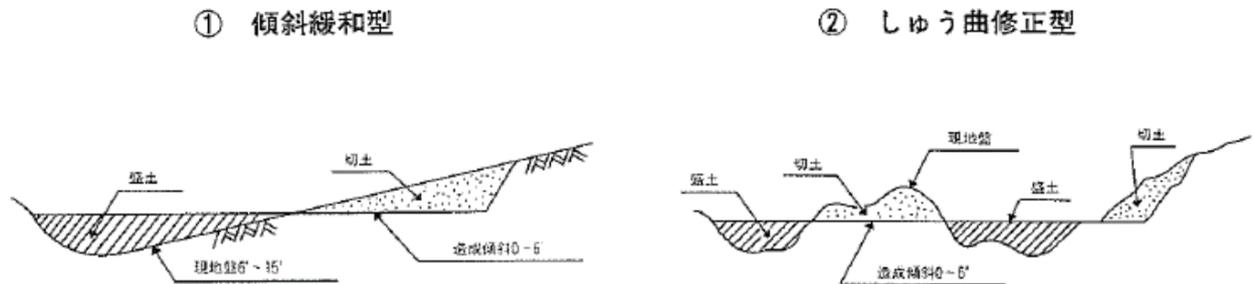


図-29 改良山成・畑造成の概念

(ウ) 改良山成畑工の設計上の留意事項

この工法で施工を行う場合、特に以下のことを勘案する必要がある。

- ①山成畑工では、抜根、排根により造り出される排根線（根株の帯状集積物またはその集積敷地）は、つぶれ地となる上、ほ場を分断したり景観を損うが、改良山成畑工では底部や谷部を盛土することから、抜根された根株は土とともに、底部や谷部へ埋め込みするように処置する。
- ②ほ場の区画形状については、地形・栽培作物・営農計画・営農機械の作業効率等を考慮して決定する。（一般に造成勾配は6°以下を目標とする）
- ③改良山成畑工では、全体に占める土工費の割合が大きく、更に、土工量の増大に伴って防災対策も大きくなる。このため、経済性を考慮した土工量の的確な把握が必要となる。
- ④山成畑工では、抜根、排根を処理した後、現況地表面をそのまま畑面として利用するため表土扱い（地力の高い表土を作土層として保持するように工程を組むこと）は行わない。改良山成畑工では、造成ほ場区域内の傾斜面や起伏を掘削し、谷や沢部へ盛土を行う前に、表土扱いを行い仕上がり畑面の表土を確保する。
- ⑤改良山成畑工は、長年に渡って安定していた現況地盤を大幅に修正することから、造成後、周辺地域に対して被害が生じることのないように防災施設等により万全を期さなければならない。

(2) 農地の整備と土地改良

ア 客土工法の変遷 ～泥炭地など特殊土壌の改良技術～

客土は、他の場所から土壌を運搬して作土に混ぜ、その物理的、化学的な性質などを改良しその土地の作物に対する生産性を高めるものである。

北海道においては、古くから馬そりを使用した客土が行われていたが、戦後の緊急開拓の中で篠

津地区や美唄地区など大規模に客土が行われるようになり、軌道客土、ポンプ送泥客土、索道客土など独特の工法が採用されるに至った。その後、北海道の道路条件もかなり整備され、現在ではダンプトラックによる客土が一般的となった。

ここでは、今では見られなくなった上述の客土工法を紹介することとする。

(ア) 馬そり客土 (写真-39)

雪国特有の客土工法である。冬の農閑期の遊休労働力を活用して、道路事情及び土量の如何にかかわらず実施できるため、北海道では古くから行われてきた。農耕馬の減少に伴い、昭和40年代後半には見られなくなった。



写真-39 美唄地区での馬そり客土(S37 頃)

(イ) 軌道客土 (写真-40)

土取場から客土地まで専用軌道を敷設し、土を満載した土運搬車を牽引するもので、北海道では昭和16年に幌向原野で施工されたのが最初である。軌道施設を要することから、客土面積がある程度まとまっていることが必要で、戦後の緊急開拓の中で篠津地区や美唄地区などの泥炭地の大規模な改良のために採用された。



写真-40 東野幌地区での軌道客土(S42 頃)

(ウ) ポンプ送泥客土 (写真-41)

昭和30年度から42年度までの13カ年間にわたり、篠津地区の60%以上の区域(1,800ha)において実施された客土工法である。ポンプ船により掘削排泥された篠津運河の下層土を濃縮し、これをポンプ1台または数台で管内を圧送しほ場へ散布するものである。



写真-41 豊幌地区では送泥客土工法が行われた(S39 頃)

この工法が、大部分の区域で採用されたのは、

①稼働量が大きく連続運転に適している。特に、雨や多少の降雪程度では工事が停止するということがなく、他の工法と比べてはるかに確実である。

②輸送距離が伸びても施工単価は他の工法に比べてあまり上がらない。

③送泥ポンプに載せる前の調泥の段階を除けば輸送は管路によるものであり、ポンプ運搬の管理のみを行っていればよく、操作が簡単で、施工要員も少なく済む。

などの大きな利点があったためである。

(エ) 索道客土 (写真-42)

昭和 32 年度から 43 年度までの 12 年間にわたり、美唄地区のおよそ 30% の区域 (1,300ha) に実施された客土工法である。荷降場から荷載場までの間 (約 4.7km) に、33 基の鉄塔を設け、その間の空中に鋼鉄の綱を張り渡して運搬器を吊り動かし、土を運搬するものである。

土を運搬するのに国道 12 号線及び国鉄函館本線を横断しなければならず、この工法が採用されることとなった。

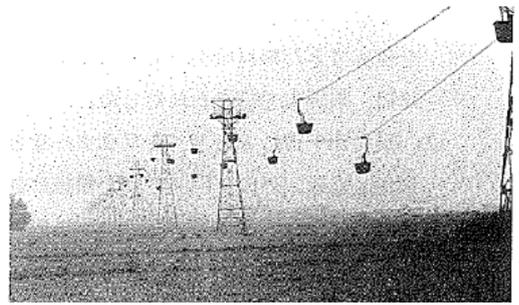


写真-42 美唄地区の索道による客土運搬。索道は秒速 2m で、搬器は 30 秒毎に (実量 0.5 m³) 土取場から毎時 60 m³ を運搬する。(S43 頃)

イ 暗渠排水工の変遷 ～湿地農地の解消に貢献する～

暗渠排水工とは、地表残留水および表層土壌中の動水を排除するために地下に埋設される通水施設のことであり、農作物の生育に良好な水分環境を保つために透水性の悪い農地を改良するため実施されている。

特に北海道では、寒冷な気候と農耕適地の約 2/3 に特殊土壌とよばれる火山灰土、重粘土、泥炭土が分布しており、農耕地として排水条件の悪い土壌が多く、これらの土壌地帯を中心に暗渠排水工が施工されている。また、暗渠排水工はこの他に耕地の地温の上昇、農耕期間の延長、根群域の発達、地耐力の確保等の効果もあり、農地基盤整備上欠くことのできない工法である。

(ア) 暗渠排水技術の発達

我が国での暗渠排水工といえる技術は、江戸中期に石レキ、丸太、ソダを用いて施工されたという記録はあるが、円形断面の土管を使用した暗渠排水工法は、札幌農学校米国人教師、ブルックスによりもたらされ、従来の各種材料を利用した工法に対して「完全暗渠」とよばれ、明治 14 年には当時の明治天皇の前で敷設を実演したという記録もあるが、その普及進捗は容易ではなかったようである。

戦後、北海道総合開発第 1 次 5 ヶ年計画がスタートすると、土地改良事業により食料増産対策を主体とした農耕地の乾畑化を図るため、明渠排水路、排水溝、暗渠排水とほ場環境の組織的な整備がなされ、農地面積の拡大の対象となった特殊土壌地帯における大規模造成地の土地・土壌条件の改善に大きく貢献したといえる。

暗渠施工技術及び使用材の変遷は以下のとおりである。

a 昭和初期から昭和 30 年度迄は、人力を中心として排水溝を掘削し、暗渠資材は素焼土管、被覆材としてソダ・貝ガラ、石礫、ワラ、木材等が使用されていた。

また、以前より暗渠工法の主導的役割を担ってきた無材暗渠 (もぐら暗渠・弾丸暗渠という)



図-30 暗渠排水吸水渠の構造

も、水田中心に施工され、有材暗渠は田、畑両方で行なわれた。

b 昭和 30 年代に入ると、トラクターなどの農業機械の目覚ましい発達に伴い、暗渠排水も機械化が進み、国外で開発された機械に加え国産のトレンチャー（溝掘り機械）も開発された。

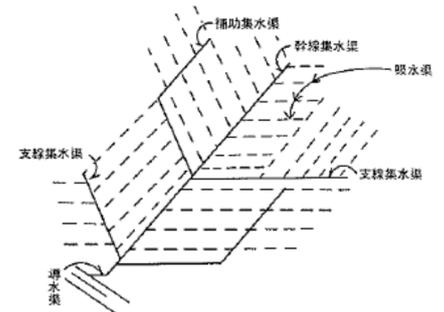
一方、重粘土においては、心土破砕による効果が明らかになるにつれて建設機械の大型化とあいまって、この技術も急速に普及していった。

c 昭和 40 年代に入ると暗渠排水の施工は機械施工が主体となり、埋設管は、素焼土管と排水性能も変わらず、大規模ほ場での機械施工によく対応できる合成管（塩化ビニール及びポリエチレン管）が使用された。被覆材は管の保護も兼ねて疎水性を高めるため使用され、従来は天然材のヨシの使用が中心だったが、開発が進むと共に不足し、同じ天然材の稲わらが主体となったものの、稲わらは布設後 10 年程度の経過で腐食により目詰まりが起ることが調査で解ったため、その後は繊維材・合成樹脂、発泡スチロールクズ等の人工材や砂利等の天然材が用いられたり、また海岸沿いの農地には養殖により大量に発生するホタテの貝ガラが使用された。



写真-43 暗渠工の施工

d 昭和 50 年代以降は、合成管の中でもコルゲート管（プラスチック材に波形をつけて屈曲自在のパイプ）が耐圧性、耐久性、耐寒性、吸水性、施工性に優れた特性をもち、大規模ほ場で短期に施工ができるため、北海道での国営事業の暗渠排水工事の主流となった。また、吸水渠と集水渠との接合部には、フランスから導入した立体継手構造を採り入れるなど、水理的にあるいは維持管理面で改善された。



幹線集水渠……排水区域主傾斜方向で、一番大きい谷路に入る。
支線集水渠……2次集水渠ともいい、小さい支線谷に入る。
補助集水渠……谷路はないが、吸水渠の長さがある境界長を超える場合に挿入する。

(イ) 暗渠排水の機能と設計・施工技術

暗渠排水を計画する場合は、そのほ場や土地全体の気象、地形、土壌等の特性を的確に把握するとともに、現在の土地利用の状況や営農形態に将来予測を加えた、合理的な計画を立てなければならない。

特に、北海道では、泥炭地や重粘土地などの、排水性の悪い特殊土壌や、丘陵、波状地形の土地を対象とすることが多く、また、大区画のほ場規模であることから、計画設計のうえで各種の工夫がなされてきた。

暗渠材料の選定と導入の変遷は前述のとおりであるが、とりわけ、吸水渠の適正間隔は、土壌条件に左右されることが多く、理論的な計算に加え試験施工や多くの実績経験から一定の標準間隔が見出だされ、また、集水渠等との配置構成に技術上の蓄積がなされている（図-31）。

図-31 暗渠工の配置構成例

一方、施工面では、弾丸暗渠や切断暗渠、重粘土地には心土破砕を補助工法として組み合わせることなどで成果をあげた。

ウ ほ場の大区画化、分散農地の連たん化

平成7年度以降、農作業機械の大型化、経営耕地面積の拡大等の課題に対応するため、北海道開発局においては、国営（緊急）農地再編整備事業を実施している。

本事業においては、ほ場を大区画化し大型機械による農作業の効率化を図るとともに、耕作道路を利用して農業機械を巡回させるターン農道を導入し、施肥、除草等の管理作業の省力化を図っている。

更に、水田地帯においては、水管理作業の大幅な省力化、適正な水分調整による転作作物の生産性・品質向上、フラッシングによる暗渠排水管の長寿命化等の効果が期待される暗渠排水管を利用してかんがいをを行う「地下水位制御システム」の導入を進めている。これら農業生産基盤の整備と併せて、換地の手法を活用した農地の利用集積を進めることにより、農作業時間の縮減等、営農の効率化が図られている。

平成12年度に着工し平成20年度に完了した中樹林地区（空知郡南幌町）においては、ほ場の大区画化と併せて「地下水位制御システム」（図-33）を導入することにより、労働時間が整備前の5分の1へと大幅に縮減し、その余剰労働力を利用してキャベツが生産されることとなった。このキャベツを利用して、特産品としてキャベツキムチへ加工し販売する6次産業化の取組へと発展した。

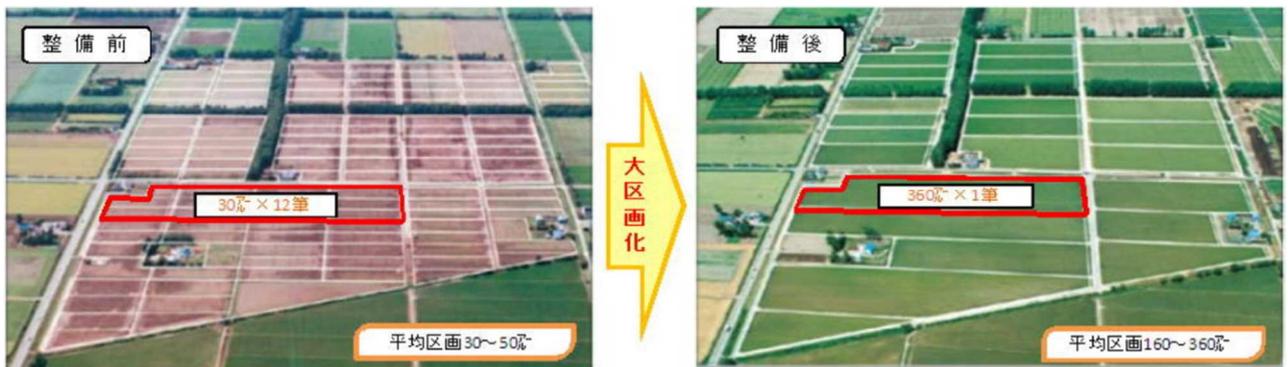


図-32 中樹林地区 ほ場の大区画化



写真-44 ターン農道を利用した水稻収穫

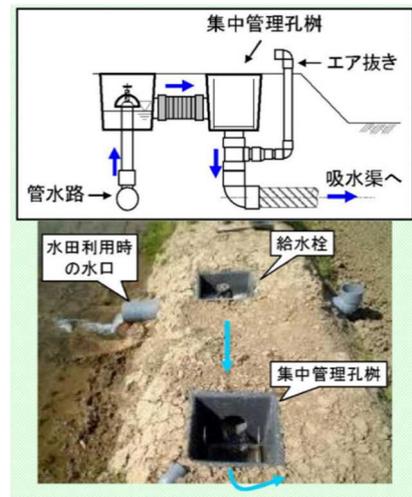


図-33 地下水位制御システム（集中管理孔方式）

エ 地下水水位制御システム（図-35）

地下かんがいは、用水路と暗渠排水上流部を接続し、かんがい用水を注水することによって、暗渠管を通じて地下水水位を上昇させ、作土層内に水分を供給する方式である。

注水されたかんがい用水は、暗渠（吸水渠）から疎水材を通り、補助暗渠や土壌の亀裂内等の水が移動しやすい部分を伝わって土中を広がる。また、作土層への水分供給は、毛管上昇によっても行われる。

この地下かんがいにより地下水水位を調節する「地下水水位制御システム」は、中樹林地区以降の多くの国営（緊急）農地再編整備事業実施地区で導入されている。

地下水水位制御システムの活用により、水稻の水管理作業時間短縮、地下水水位のコントロールによる収量増加、水稻の省力栽培である乾田直播の導入等様々なメリットが得られる。

ただし、暗渠管の下に砂質土、レキ質土等通水性の高い土壌があるほ場では、暗渠管から下への漏水が多く導入は困難である。

播種後の細かな土壌水分管理が必要な乾田直播にも対応した水管理が可能

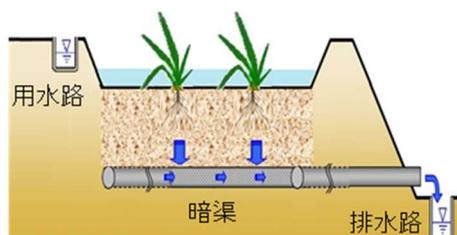


図-34 従来のシステム
（暗渠は排水性の改善のみを目的）

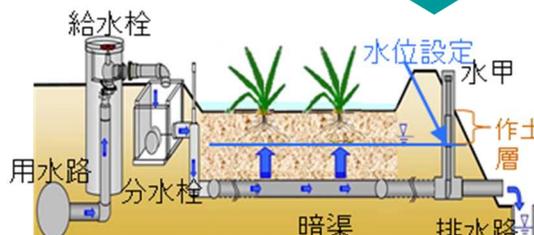


図-35 地下水水位制御システム
（用水路と暗渠を接続することにより地下水からのかんがいが可能に）

(7) 集中管理孔

集中管理孔は、暗渠管に用水路を接続し、かんがい用水を地中に送水する施設であり、暗渠管内に堆積する土砂を洗浄して暗渠の長寿命化を図るとともに、暗渠末端部の水閘を閉じることによって地下水水位を制御し、下層から作物に水分を供給することも可能である。水位の設定は水甲部で調節でき、水位調整孔がありその開閉で調節できるものが主である。

北海道の国営（緊急）農地再編整備事業で地下かんがいを導入している地区は、主にこの集中管理孔方式である。

(イ) FOEAS（フォアス）（図-36, 37）

FOEAS も暗渠管を通じての地下かんがいを行う施設であるが、幹線パイプを設けることで用水中の土砂を沈殿させ支線パイプに土砂を含まない用水を通水する仕組みとなっており、幹線パイプは容易に洗浄可能な構造となっている。また、水位制御器は外筒と内筒の二重構造となっており、内筒を上下させることで水位を田面からプラス 20cm～マイナス 30cm の範囲で設定することができる。また、内筒を外すことで、通常の暗渠としての機能を発揮できる。

このほか、暗渠管と直交する方向に 1m 間隔で補助孔（弾丸暗渠）を設置することで、ほ場で一

様な地下水位を保つことを可能としている。

FOEAS は地下水位を制御だけでなく、設定した水位で用水の供給を停止する水位管理者により、給水栓を閉める手間なくかんがい用水の無効放流をなくすことができる。

北海道の国営（緊急）農地再編整備事業では、今金南地区、今金北地区で採用されている。

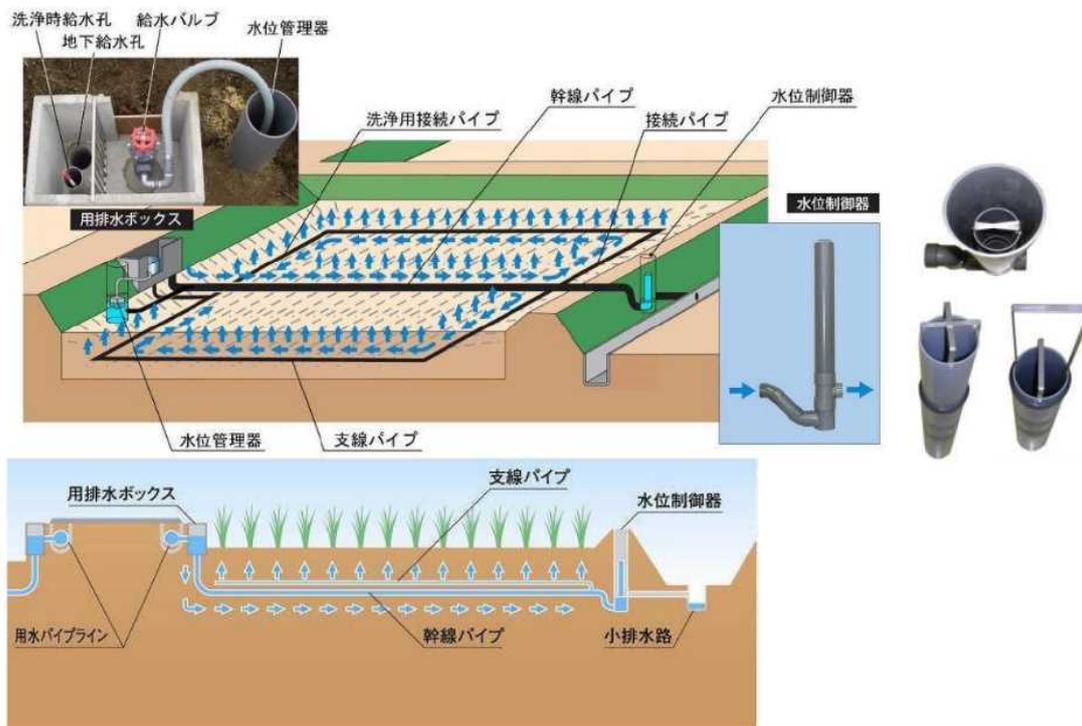


図-36 FOEAS の全体構成と水位制御器の構造

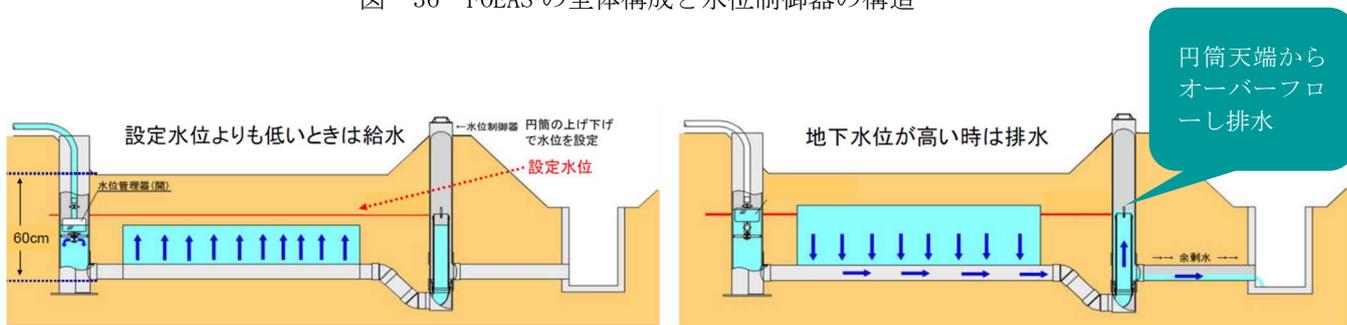


図-37 FOEAS による地下水位の調節

オ 情報化施工

情報化施工技術は、情報通信技術（ICT）を工事の測量、施工、出来高管理等に活用することにより、従来の施工技術と比べ高い生産性と施工品質の実現が期待される施工システムである。

農林水産省農村振興局は平成 29 年 3 月に「情報化施工技術の活用ガイドライン」を策定し、国営土地改良事業等の工事において積極的な活用を求めているところである。従来、熟練の技術者等が行っていた測量、設計、施工に係る作業を、情報化施工技術を活用することでドローン等を用いて 3 次元の現況図を作成し、別途作成した 3 次元設計データと比較し土工数量等を処理ソフトで算出

することができるほか（図-38）、3次元設計データを ICT 建設機械に取り込み、GNSS（衛星測位システム）と機械各部のセンサーにより位置を把握しつつ施工すること等が可能となる。また、出来形管理ではドローン等を用いた測量により完成形状を面的に把握することが可能となる。

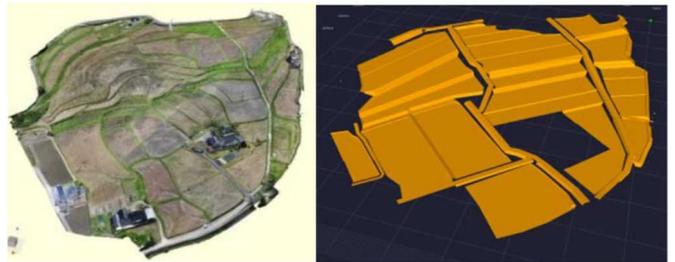


図-38 3次元現況図（左）と
3次元設計データ（右）

農業農村整備を支える建設業界では、他産業より生産性向上が遅れていることに加え、就業者の高齢化により労働力不足が急速に進行していることが課題となっており、情報化施工技術は建設現場の生産性向上に資する技術として省力化につながり、働き方改革による職場環境改善の観点からも普及が期待されている。

また、農業分野では、スマート農業の実現に向けた取組が進められており、ドローンやGNSSガイダンス・自動操舵技術等については、情報化施工技術との親和性は高い。農業農村整備の施工段階から営農段階との連携を見据えて技術を導入することで、スマート農業導入による農業生産性向上の効果を更に高めることができると考えられる。

北海道の国営事業では、令和元年度までに10件の工事で情報化施工技術が活用されている。



図-39 従来の施工と情報化施工（建設機械の自動制御）の比較

カ 環境と調和に配慮した泥炭農地の保全<湿原との共生>

北海道以外ではほとんど見られない特殊土壌である泥炭は、北海道の畑・草地のうち約44,000haを占めている。この泥炭地では、泥炭土に起因する地盤沈下により、降雨後に湛水被害が発生し、農地の地下水位が常時高い過湿状態となり、牧草等の安定的確保が困難となり品質が低下している。また、不陸障害や埋木露出により、農作業の効率が低下し生産コストが増大を招き、さらに、農業用排水路は断面が狭小化するなど、その機能を維持するために管理費用が増嵩している。

このため、国営総合農地防災事業により、農用地の暗渠排水や整地を行うとともに、農業用排水路の改修を行い、農業生産の維持及び農業経営の安定化を図り、国土の保全を進めている。

一方、サロベツ原野の湿原面積は昭和22年時点で約15,000ha存在していたが、平成11年には約

6,800haまで減少している。この状況から、国営総合農地防災事業サロベツ地区の実施にあたり、平成18年に地域住民、専門家、NPO団体、サロベツ農事連絡会議、関係行政機関、農業者、漁業者を中心に「上サロベツ自然再生協議会」が設立され、農業と共存した湿原の再生をテーマに湿原と隣接農地の共存に向けた検討を実施、高層湿原の乾燥化対策として農地と湿原の隣接箇所に”緩衝帯”を25m幅で設置することとした。

緩衝帯とは、湿原と隣接した旧排水路を現状のまま存置し、農地側に新排水路を設置することで、農地側では適度の地下水位を保持し、湿原地下水位を維持することを目的としている（図-40、41、写真-45）。

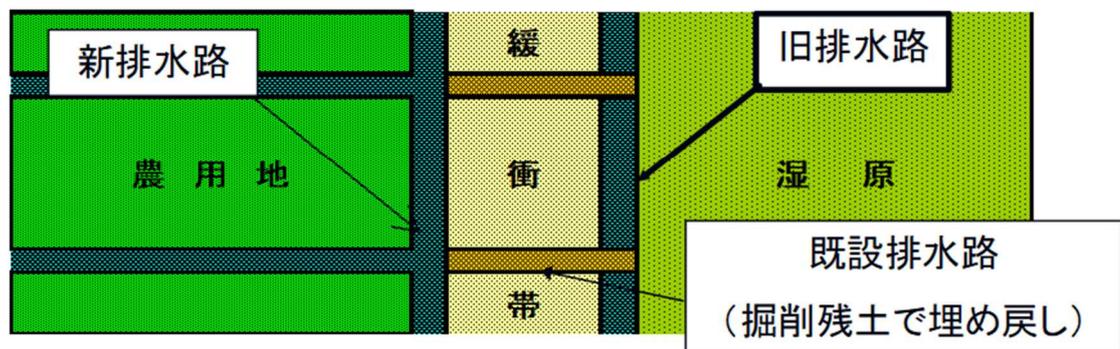


図-40 緩衝帯の平面イメージ図

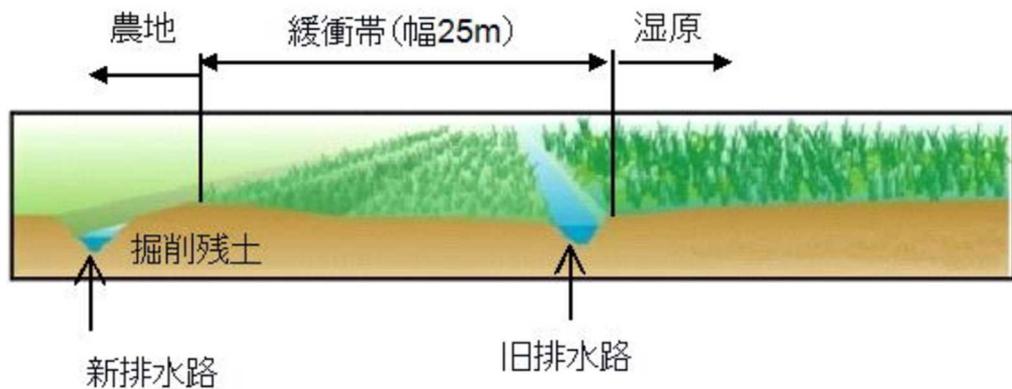
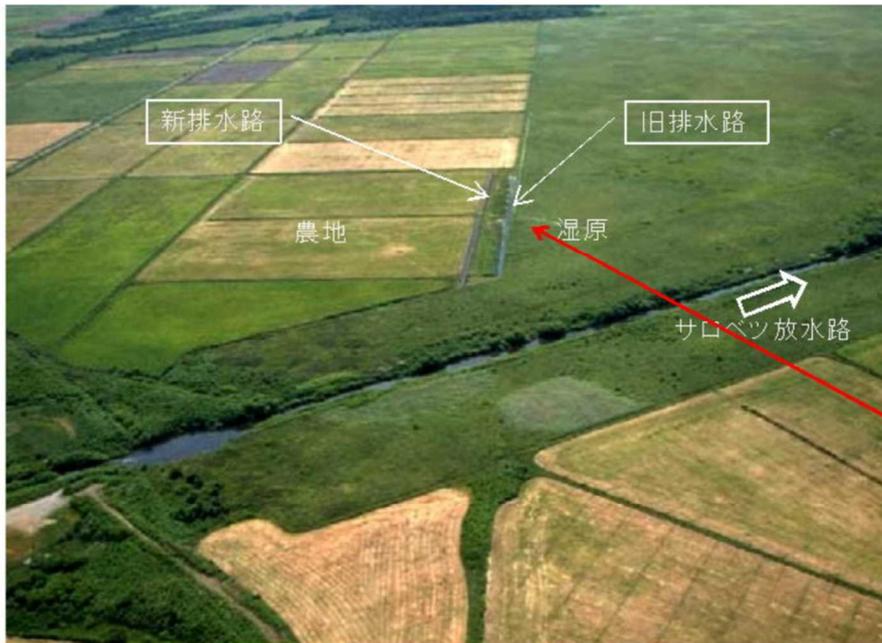


図-41 緩衝帯の横断イメージ図

サロベツ地区では、平成19年から実証試験を実施し、農地と湿原部の地下水位観測、湿原及び緩衝帯の湿生植物の生息状況を把握するための植生調査、緩衝帯設置による小動物等への影響を調査している。これまでのモニタリングでは、農地、湿原とも適切な地下水位の確保、湿性植物の生息状況、小動物等への影響について適正な結果が得られている。



緩衝帯実証試験地の空撮写真



新排水路(2006年設置)



旧排水路(1986年設置)

※旧排水路の両端を埋め立て、堰上げた。

写真-45 サロベツ地区の緩衝帯及び排水路