

記 録

岡山県自然保護センター湿生植物園 1. 基盤地形の造成と植生移植の方法

岡山理科大学理学部基礎理学科 波田善夫
岡山県自然保護センター 西本 孝
岡山県自然保護センター 光本信治¹⁾

REPORT OF THE MARSH LAND GARDEN,
OKAYAMA PREFECTURAL NATURE CONSERVATION CENTER, CHUGOKU DIST., JAPAN
1. CONCEPT OF LAND RECLAMATION AND METHOD OF PLANTATION

Yoshio HADA, *Division of Biology, Faculty of Science, Okayama University of Science*
Takashi NISHIMOTO, *Okayama Prefectural Nature Conservation Center*
and
Nobuharu MITUMOTO, *Okayama Prefectural Nature Conservation Center*

キーワード：移植，湿原，造成，ピオトープ。

はじめに

岡山県自然保護センターでは園地内に自然観察施設の一つとして湿生植物園を造成した。湿生植物園は貧栄養型の湿原植生の実現をメインテーマとするものであり、いくつかの貧栄養型の池を含んでいる。面積は約0.8haであり、元々湿原が発達していない場所に創造したものとしては本邦初の事例と思われる。

本報告は湿地造成の基本的考え方と具体的な方法についての記録、および施工直後の段階における評価について記録したものである。

おそらく、日本でははじめてと思われる大規模な湿原の新規造成に関しては、実に多くの方々の理解と協力があつた。稿をはじめにあたり、謝意を表したい。

降雨により流されたり埋没した植生を救出するためには多くの方々の労力を提供いただいた。特に大西智佳、当時岡山理科大学学生福沢好晃、深町（旧姓小新）真代の3氏にはお世話になった。

重井 博氏および古屋野寛氏をはじめとする倉敷の自然をまもる会の皆様方にはサギソウをあら

はじめ採取し、一年間培養して増殖していただいた。湿原に群れ咲くサギソウは方々の功績による所が大きい。湿原の植物に関しては、本田 徹氏や多くの皆様から提供いただいた。深謝する。

直接工事にあたった業者のみなさんの方のひたむきな姿も印象的であった。土木関係者については、自然の側から見れば破壊となることが多いが、今回のような自然を創生する仕事への感激が感じられたし、直接植栽にあたった業者は湿原の特性をつかみ取るのに大変な努力をされ、的確な植栽を実施していただいた。自然保護センターを建設するにあたり、直接の担当であった自然保護課職員中浜一孔、真鍋紳一郎の両氏は、自ら率先して現場での採取や植栽に携わられたことも印象深いことであった。職務とはいえ、単なる仕事として以上の取り組みがあつたことを記しておきたい。

1. 建設までの経緯と基本設計

(1) 原地形とその環境

湿原の造成が計画された地域は基盤整備が行われて間もない水田であり、水田と水田の間は数m以上の落差を持つ法面となっていた。西の谷は長

さ126mに対して8.5mの落差があり、湿原として造成する区間の平均斜度は6.7%であった。東の谷は西の谷より急峻であり、長さ94mに対し7.4mの落差があり、平均斜度は7.9%である(図1, 図2)。

西の谷の集水域(3.5ha)は狭く、明瞭な流路は認められなかった。最上部には老朽化した小さな溜め池があり、堤体の下部から漏水が認められた。この池の上部および周辺には少量の浸出水があり、この僅かな水をためて水田に利用していた。渇水年には水不足に悩まされたという。

東の谷の集水域は広く(6.9ha)、深い谷が形成されているが、谷は埋没して通常は伏流となっており、水田に至ってはじめて表流水が観察できる状況であった。

水田の周辺には典型的な湿原植生は存在せず、西の谷上部の溜め池周辺にアゼスゲ・ヒメシロネの生育する群落や畦周辺の刈取草地にコオニユリ

の生育が認められる程度であった。その後の調査により、やや離れた場所にコイヌノハナヒゲ・マアザミ・サワギキョウ・トキソウなどの生育する群落が断片的に発見され、水・地形条件がそろえば湿原植生の発達の可能性があることが傍証された。

水田の周辺は中程度からやや生長の悪いアカマツ二次林であり、一部に植栽されたクロマツが生育していた。

(2) 湿原の水環境と基本設計

当初の設計はP社により行われ、地表面に厚くピートモスを敷き詰めるものであった。これは泥炭湿原をイメージしたものであり、当地域に発達する鉱物質土壌を基盤とする湿原とは性格が異なっているために不採択とした。

それ以降の経過について記録しておく。

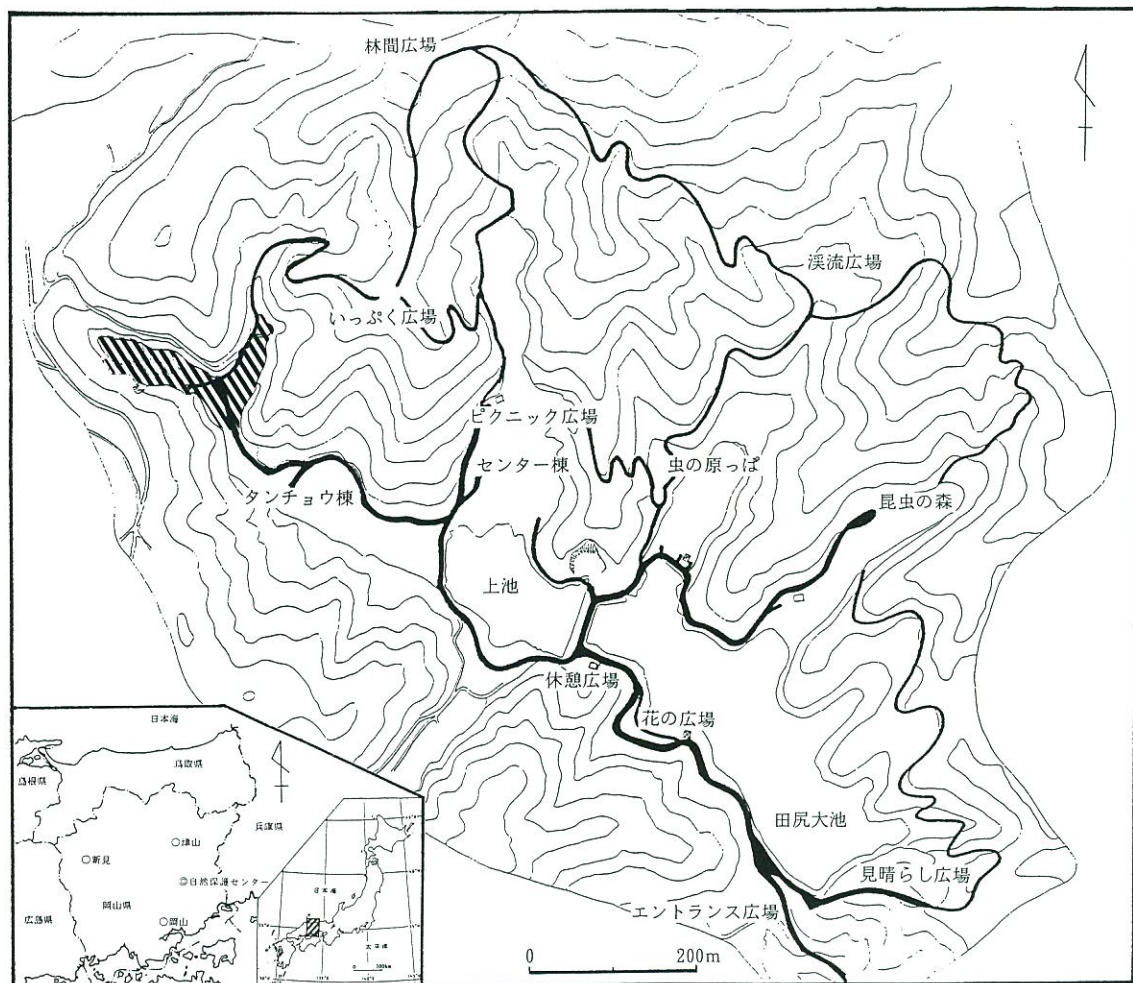


図1. 岡山県自然保護センターの位置と全域図(斜線部分が湿生植物園)。

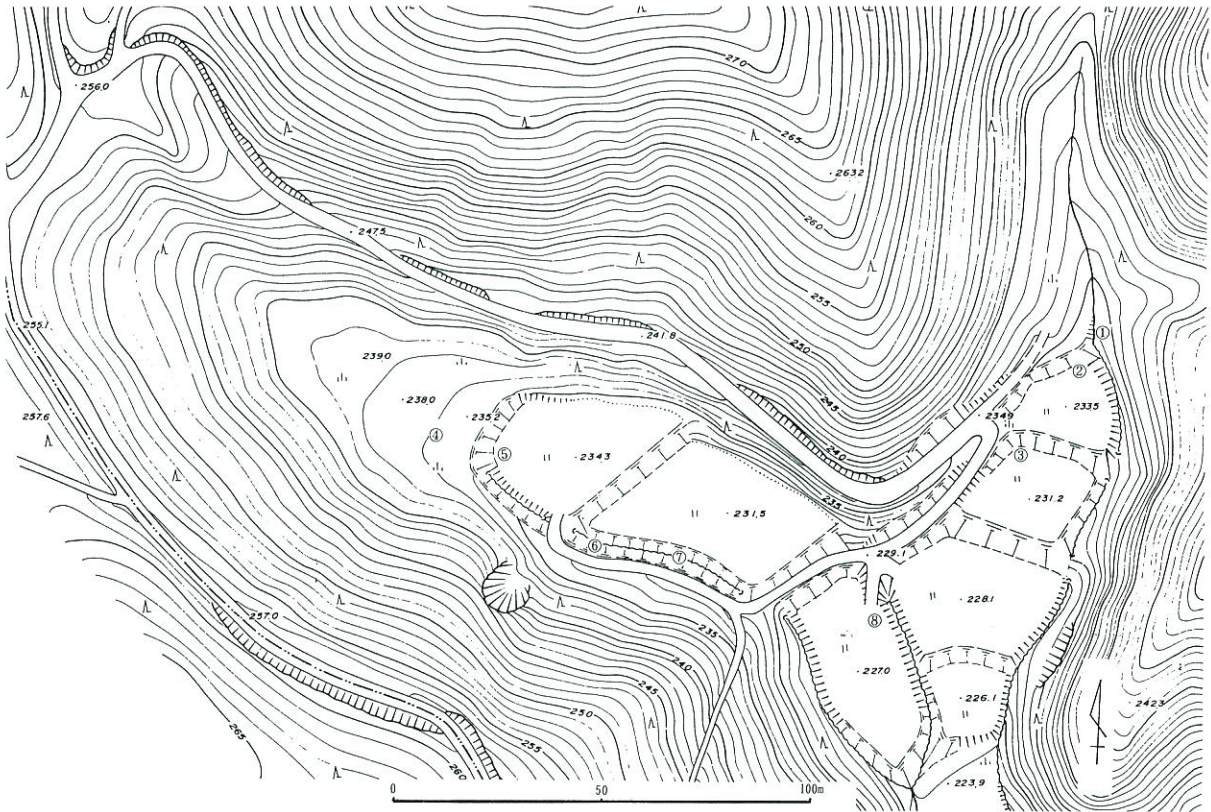


図2. 湿生植物園造成前の原地形 (①~⑧は水質調査地点; 表1).



図3. 湿生植物園造成後の地形と名称.

①水環境の調査と植生配分

1990年4月に湿原の造成が予定されている地域において電気伝導度とpHに関する水質測定を行った。水質測定の結果を表1に、それに関係する電気伝導度と発達する植生の目安を表2に示した。

西の谷上部の湧出水は貧栄養な状態であり、湿原植生の発達には十分な状況であると判断された。水は流下するにしたがって富栄養となり、東の谷との合流地点では沼沢地植生が発達すると考えられる状態にまで富栄養となっていた。水田は耕作されていたので施肥の影響があると考えられ、貧栄養な表土の持ち込みや時間の経過につれて改善

される可能性があると考えられた。

一方、東の谷は全体的にやや電気伝導度が高く集水域が広く、流量も多いことから湿原植生発達の境界領域であると考えられた。

これらの結果から、西の谷に関しては水量が確保されれば湿原植生を発達させることが可能であるが、東の谷は湿原植生と沼沢植生が発達する境界領域であり、長期的には湿原植生を維持することは困難であり、ノハナショウブ・サワギキョウ等の草丈の高い植生を発達させることを目標とすべきであるとの報告を行った。

表1. 湿原造成予定地における水質 (測定日時：1990/04/11 PM3:00)

測定地点	電気伝導度(μS/cm)	pH
① 東の谷最上部水田より上流側の溜まり水	52.2	7.66
② 東の谷最上部水田への水口	55.9	7.06
③ 東の谷上から2枚目の水田の溜まり水	66.5	6.84
④ 西の谷最上部の溜まり水	35.5	6.87
⑤ 西の谷最上部水田の水口	47.7	6.54
⑥ 西の谷排水溝	42.8	6.50
⑦ 西の谷2枚目水田からの暗渠排水	57.4	6.36
⑧ 東の谷と西の谷が合流する水田の溜まり水	82.9	6.77

注：測定地点は図2に①～⑧として記載されている。

表2. 電気伝導度と湿原植生の目安

電気伝導度 (μS/cm)	植生の状況
～35	湿原植生の成立には最も適している。湿原植生の群落高や植被率も低い。植生がまばらであるためにモウセンゴケ等の草丈の低い植物が繁茂しやすい。植生の回復には時間がかかる。池でも植被は少なく、点在する程度。浮葉植物よりもシャジクモ類等の沈水植物が主体。
～55	湿原植生を成立させることができる。植生はやや発達が良好で、イヌノハナヒゲ類が繁茂し、全面に芝状の植生がする。池ではタヌキモ類、ジュンサイ、ヒルムシロ類等、多様な植物が生育する。
～75	湿原植生の成立に関しては境界領域。草丈の高いカモノハシ、ノハナショウブ、スゲ類などが生育する植生となりやすい。長期的には湿原植生の維持が困難かも知れない。池では沈水植物が減少し、ヒシ等の浮葉植物が多くなり、単調となりやすい。
75<	湿原植生が成立する可能性はほとんどなく、カサスゲ・アゼスゲなどの優占する植生となる。池ではヒシとウキクサ類が優勢であり、単調である。

注：電気伝導度の数値と植生の関係は経験的なものであり、流速や水深などによっても発達する植生は異なる。

②地形造成の方針と考え方

湿原植生の成立には、次のような環境条件が完備されることが必要である。

○水質:貧栄養であること(表2)

○流量・流速:湿潤状態を保つことができるならば、流量は少ない方がよい。流速は可能な限りゆっくりである方がよい。流速が速いと貧栄養な水質であっても沼沢化をまねく。

○流量の変動:安定していることが必要であり、降雨がなくても水が流れ、降雨時にも濁流が流れない状況が必要である。したがって、集水面積は狭いことが必要である。集水域がほとんどなく、谷頭部に湧水がある状況が最も湿原植生の発達に好適である。

○日照:湿原植生を構成する植物は生長に強い光を必要とする陽生植物が主体であり、日照が制限されるとスゲ類の繁茂を招く場合とオオミズゴケが繁茂する場合がある。オオミズゴケの繁茂は湿原植生にとってプラス要因であるとは限らない。

a. 傾斜と基盤地形(図2, 写真1)

湿原を流れる水は停滞しなければ、可能な限りゆっくり流れることが望まれる。したがって岩盤や不透水層上に発達するものでない限り、傾斜は数%程度の緩傾斜地であることが必要である。

本計画の湿原造成予定地は平均勾配7~9%であり、全体を一連の湿原として造成するためには急峻である。このような急峻な地形に湿原を造成するためには、湿原をいくつかの段に区分けし、段と段の間を比較的傾斜を持った流路で連結する形態にする必要があると考えられた。

これらの観点から、いくつかの段を設置し、その間に緩やかな斜面を造成し、湿原植生を造成することとした。

基盤地形の造成に関しては、あらかじめ精密な図面を作成することがほぼ不可能であり、現場あわせて随時変更しつつ行った。

評価:湿原をいくつかの段に区切って造成せざるを得なかった点に関しては、地形的制約から致し方ない。湿原と湿原をつなぐ法面の水路に関しては様々な工法を試みたが、良好な結果を得ることができず、最終的には自然石による石組みの水

路を設置することで落ち着いた。

横断面の地形に関しては、緩やかなカーブを描く凹状地形とした。これに関しては平坦とすべきであった。凹状地形では、周辺に水が回らず乾燥化するために、各所で周辺に水を回す導水路を設置する必要があった。横断地形が平坦であれば、水を全面に回すことの困難性は低く、実際に多くの谷湿原の横断面はほぼ平坦である。

b. 湿原表土(写真2, 3)

元々の表土は肥料分を含んだ水田土壌であり、埋蔵種子を多量に含んでいることもあって、湿原表土として利用することは不適である。この観点から、湿原を造成する表土は花崗岩風化土壌である「マサ土」を利用することにした。マサ土を表土とすることに関しては、すでに玉野市王子ヶ岳の王子ファンシーランド内の湿原移設で実績があった。

特に西の谷に関しては水量が少なく、マサ土の表土を飽和できないことが懸念され、湿原基盤地形を造成した後に溜め池や調整池等の建設の際に使用されるビニールシートを敷き、その上に1mの厚さにマサ土の表土を敷き詰める計画とした。その後、実施段階において表層土の厚さは、1m厚のマサ土を流入水量が飽和できない可能性から、50cm厚とすることに変更された(写真3)。

評価:ビニールシートは高価であり、流入水量が十分である場合には必要ないと思われる(王子ファンシーランドの施工では、池以外では防水シートは設置しなかった)。

また、1m厚の表層土を50cmとしたためにシートを押さえる圧力が不足し、ガス抜きを設置しなかったことともあって所々でガスが溜まってシートが膨れ上がってしまった。このような場所ではシートに穴をあけ、ガスを抜かざるを得なかった。

防水シートを敷き詰めたことに関するマイナス点としては、伏流水をシートの下側に閉じこめてしまう結果となった可能性がある。特に湧水のある上端部に関しては基盤地形より深く掘り込んで湧水を受けよう施工したが、伏流水の一部はシートの下側を流れる結果になった可能性は否定できない。次に、ガスの溜まりによるシートの膨れ

上がりがある。あけた穴からは現在も無酸素状態の富栄養な水が浸出しており、沼沢性の植生が発達しているので、一目でその場所がわかる。このことは、逆に言えば水田土壌から浸出する富栄養な水をシートが遮断している効果として考えることもでき、あながちマイナス点とばかりは言えない。

プラス点としては、一度シートの上に取り込まれた水は必ずシート上の表土を流れることになり、特に湿原中・下部の水管理を容易にしていると考えられる。次に、基盤地形を形成している水田土壌に含まれている大量の埋蔵種子からの影響をほぼ防止できた点があげられる。実際には、イネが生えるなど、わずかなコンタミネーションはあったが、造成初期の管理にずいぶんと貢献したものと思われる。元来湿田であり、造成工事においては泥濘となって難工事となることが予想された。防水シートの設置により作業能率が飛躍的に向上した点も見逃せない。

c. オーバーフロー水系の設置 (写真5)

前述のように、湿原植生の成立には安定した湿潤状態が必要である。豪雨時にも湿原内を濁流が流れないように、また最上部の溜め池があふれることを防止するために谷の中心部にオーバーフローのためのヒューム管を設置した。また湿原内の適所には水位が上昇した場合にオーバーフローする柵を設置し、これから塩化ビニール製パイプで排水を行っている。

各所に設置した柵の周辺は自然石やイヌツゲなどの植栽で被陰し、その存在が気にならないように配慮した。

評価：水を全面に回す作業は基本的に現場合合わせであり、施工しつつ状況に合わせて実施せざるを得ない。わずか数cmの起伏でも水は流れず、流れる水の状況を観察しつつ、延々と表土をすくい取って移動させる作業が続くことになった。機械力では簡単な作業も人力ではわずか数m³の土砂の移動も簡単ではない。

急激な雨水の流入状況は豪雨時にしか確認することができない。その結果、オーバーフローの位置も完全に現場合合わせとなった。オーバーフロー

の位置は、豪雨で表土が流される度に検討され、数は増えていった。

d. 木道の設置と設計 (写真7, 8)

湿原内における木道の設置は、どのような形態のものであっても湿原植生に対して悪影響を与えることは致し方ない。しかし、木道などの順路を整備することにより無用な立ち入りを防止できる側面もあり、保護・保全の側面と利用面の適正な釣り合いが必要である。

木道を設置するとその下は日照が制限されるために、植生が本来の湿原植生とは異なったものとなる。沼沢性の傾向が強くなることが一般的であり、少なくとも湿原本来の植生に比べ草丈が高くなる。

木道の幅が広い場合には日照が強く制限されるために無植生になりやすい。その結果、木道の下が侵食されやすくなり、導水路として機能する場合がある。特に傾斜方向に設置されている場合には侵食の原因となりやすい。したがって、幅広い木道を設置する場合には、できるだけ斜面を直角に横切るようルートを設定するよう配慮すべきである。プラットホームを設置する場合も傾斜地に設置することをさけるべきである。

植生に悪影響を与えないためには木道の幅は狭い方がよい。しかし、来訪者が安心感を持って離合できる必要があり、狭い木道を設置する場合には複線化するか、随所に待機所を設置する必要がある。単線の木道では、離合の際に片方(特に男性)が路を譲り、木道から湿原に降りることが各地の湿原で観察される。また、写真を撮影するために湿原に立ち入ることも多い。美しい景観をバックに木道に立つ女性を撮影するために男性が湿原に立ち入ることもある。このような事態を避けるためには人間行動学的な側面を考慮した木道の建設が必要である。積極的に撮影ポイントを設置することが無用な立ち入りを防止する結果となる。

今回の計画は自然保護センターという教育・啓蒙施設の性格上、広い幅を比較的長い距離設置することにした

木道の諸データ

幅：150cm（歩行部幅120cm）
長さ：365cm
高さ：90cm（このうち50cm程度は地下）
総延長：400m（112スパン）
材質：薬液注入加工木材。剥き丸太太鼓落とし。
上・下の両面のみカットしたもので、間伐材の形状を残している。防腐剤（レザックR）を注入。

本計画では、木道の設置面積が広いこと、木道の構造もあって傾斜方向に一部ルートを設置せざるを得なかったことなど、湿原と木道の関係からは、不適なものにならざるを得なかった。

本計画では、湿原造成予定地全体の傾斜が急峻であった。そのために湿原をいくつかの区画に区分している。木道の下の一部を堤防状とし、湿原区画の仕切りとして利用した。したがって、湿原の中に木道が設置されているかのように見えるが、実際にはその下は堤防として機能する陸地である場合が多い。

木道の高さも考慮すべき重要な要素である。王子ファンシーランドでは、サギソウやトキソウなどの野草愛好家からの盗掘を防止するために高さ80cm程度の位置に設置した。この高さは湿原面に降り立とうとする意欲は生じにくい高さであり、設置の目的は達している。しかしながら小型の植物が多い湿原植生からは隔離された感覚が生じることは否めない。センターではモウセンゴケやミミカキグサなどの小型の湿原特有の植物を間近に観察してもらうことを主眼とし、木道の高さを40～50cm程度の低さに設定した。

評価：表層土が浸出水により飽和されつつあり、植生を移植しつつある状態の中での木道設置は困難を極めた。鎮圧されていない状態での飽潤したマサ土では重機がたびたび埋没してしまい、施工を困難にした。湿原面積が広いので周辺からクレーンなどで資材を搬入する方法も取ることができなかった事情も施工を困難にした理由の一つである。

木道は湿原の木道としては幅広いものである。

150cmの幅は歩道などでよく使われるサイズであり、通行人が違和感なくすれ違える幅とされている。建設前には広すぎることが懸念されたが、結果的には来訪者の数や湿原の広がりからの観点からは妥当なものであった。しかしながら当地ほどの広がりを持った湿原は多くはなく、プラットホーム以外はより狭い木道を設置すべきであろう。

木道の材質は自然性を重視したために形成材を使用せず、間伐材（2面カットしただけの丸太）をそのまま利用したこともあってアップダウンのある地形での木道と木道の連結は簡単ではなく、接合部は現場合合わせで切り刻んだ。

結果として、木道施工業者と植栽業者の連携により、比較的好ましい形態に木道を設置することができた。

木道の設置に関しては、建設当初から老朽化した場合の対策に問題点があることが予想された。木道の部材は防腐剤を圧入したものであり、数十年程度は腐朽せず、利用可能と考えられていた。しかしながら、設置後3年ですでに腐朽が顕著となり、架け替えを検討しなければならない状態となっている。その原因としては、同時期に施工されたローリング材で建設した池の中の木道は全く健全であることから、湿原に使用された部材が、工期の関係もあって薬剤の注入が不十分であったためと考えられる。

木道は、一度設置してしまうと架け替えが困難である。植生を破壊せず、工事を行うことは不可能であり、植生を一旦搬出し、工事後に再移植するなどの対策が必要である。歩道面を支える脚部に関しては擬木を用いるなど、耐久性の高い素材を使用すべきであったかも知れない。

木道の高さに関しては、手を伸ばせば植物に触れることができる高さまで低く設定したため、来訪者は木道に寝そべったりしながら十分な観察ができる状態を実現できた。植物写真の撮影にも好都合であるようで、植物の撮影のための立ち入りは少ないと見て良いであろう。

木道を低く設定したために湿原への立ち入りは感覚的に容易となり、盗掘も多くなることが予想された。実際、木道に近い場所に生育するサギソ

ウヤトキソウの一部は盗掘されたが、全般的にはその頻度は多いとは思われない。自然保護センターの設立趣旨を理解した来訪者が主体であることも関係があると思われる。

e. 水源の確保

湿原が造成された場所は元々水田であったが、従来から水不足に悩まされたという。当初から水量の確保に不安があったため、東の谷の上部に溜め池を造成し、水量の不足があればこの池から西の谷の溜め池に水をポンプアップする方策をとることとした。

地表から見る限り、溜め池の掘削は容易と思われたが、掘削を開始すると地下には巨岩が埋没しており、ダイナマイトによって巨岩を破壊し、搬出しなければならなかった。水はこの巨岩の下を伏流となって流れており、その下まで掘削した結果、ほぼ必要量の水量を貯留することができた。なお、この溜め池は平成2年の冬から3年の春にかけて建設されたので、平成池と名付けた。

平成池の水質は、湿原植生を実現するためには可能な範囲ではあるが、長期的には不安がある。その問題を解消する方法の一つとして、深井戸の建設が将来の検討課題とされた。

f. 四阿^{あずまや}の位置 (図3)

湿生植物園には、西の谷と東の谷の合流部に四阿が建設される計画となっていた。当初の計画では北側の山裾に南に面するよう建設される予定となっていた。これに関しては、花が太陽に向かって南側に顔を向けて咲くことを考慮し、これを眺めることができるよう、南側の山裾に設置するよう計画変更を行った。

評価：四阿から眺められる地域は西の谷の最下流部にあたり、サワギキョウなど比較的草丈の高い植物を植栽している。四阿からはこれらの植物の顔がみえ、また、湿原植物の花盛りとなる夏には南側の樹林が強い日照を遮る結果になって、涼しい休憩場所となっている。

2. 湿原植生の掘取りと植栽

(1) 目的植生

西の谷は水量は少ないものの貧栄養な水質を備

えているので、当地に発達すべき湿原植生を実現することを目標とした。造成予定地の標高は235mであり、従来の研究(例えばHada, 1984など)から、実現すべき植生はイヌノハナヒゲ・カモノハシ・スイラン・サワシロギクの生育により特徴づけられるイヌノハナヒゲ群集であると判断できる。本群集は、中国地方では海拔450m以下の低地に発達する群集である。温暖低地であるが故に泥炭は蓄積されず、鉱物質土壤上に立脚しており、貧栄養の湧水などによりカン養される植生である。

実現を目標とした植生は次のような植物により構成されるものである。イヌノハナヒゲ、コイヌノハナヒゲ、イトイヌノハナヒゲ、ヤチカワズスゲ、シカクイ、アオコウガイゼキショウ、シロイヌノヒゲ、イトイヌノヒゲ、トグシバ、カリマタガヤ、サギソウ、トキソウ、モウセンゴケ、ホザキミミカキグサ、ミミカキグサ、マアザミ、スイランなど。

東の谷は水量が豊かでやや富栄養であるので比較的草丈の高い植物を中心に植栽して管理する方針とした。本来ならば生育しない植物も植栽しても良いこととし、貴重種の系統保存の意味も含め、湿生植物見本園的なものとする方針である。

目的植生としてはリュウキンカ、ビッチュウフウロ、サワギキョウ、ノハナショウブ、カキツバタ、ミコシギク、オグラセンノウなど、比較的花の目立つ植物の生育するものを想定している。

(2) 湿原植生の供給地

湿原植生の主な供給地となったのは下記の3地域である。いずれもゴルフ場建設に伴うものであり、開発地域内での湿原の保護保全や移植を行った上、やむを得ず消滅する湿原植生に対して自然保護センターに移植を行ったものである。

・倉敷市福江・広江地区

開発地域(ゴルフ場建設)は瀬戸内沿岸地域の流紋岩を基岩とする地域である。斜面の中部から下部にかけて小湿地が点在しており、計画地および隣接地域には断片的なものもあわせて約20数ヶ所において湿原植生が発達していた。

約半数の湿地に関してはそのまま残置すること

とし、1ヶ所については周辺の樹木の伐採や厚く堆積した腐植表土の剝離などの対策を行って環境を整えると共に、地形を改変して下流側に面積を拡大した。新たに拡大した湿地域には計画地内から採取した湿原植生の移植を行い、保護保全の中核とした。

移植した植生はイトイヌノハナヒゲが優占する群落为主体であり、イヌノハナヒゲ・コイヌノハナヒゲの群落やミズギボウシも移植を行った。当地は結果として、最大のセンターへの湿原植生供給地となった。

・岡山市菅野地区

花コウ岩地域であり、空港の拡張に伴う航空障害切り土処理とあわせてゴルフ場の建設が行われた。アセスメントの結果、いくつかの湿原が発見された。中心的な湿原については下流側に蛇籠による土止を設置して湿原域を拡大し、保護・保全の中心とした。

点在する断片的な湿地植生や工事の際に新たに発見された湿地植生についてはセンターに移植を行った。移植した植生はイトイヌノハナヒゲ・コイヌノハナヒゲの群落とマアザミ、オオミズゴケである。

・賀陽町西・宮地地区

状況と対策：ゴルフ場の増設に伴うアセスメントの結果、サクラバハノキの生育が確認された。調査の結果、既存ゴルフ場及び周辺地域に良好な群落の存在が確認され、一部の個体についてはこれに移植し、一部の個体はセンターに移植した。これにともないオオミズゴケ、ヌマガヤなども少量移植した。

(3) 湿原植生の掘取りと運搬 (写真9, 10)

湿原の中心植生であるイヌノハナヒゲ属植物の優占する植生に関しては、根系の発達深度は浅く、5cm程度の深さまで掘り取れば十分である場合が多い。ただし、移植する場所は粘土成分に不足していることが多いので、10cm程度まで深く掘り取って移植することが定植の際には作業をたやすくする。

移植作業を開始するにあたり、移植を行う植生

の範囲をロープを張るなどして明示する。掘取りは、端から先端が平らなスコップ(角スコ)を利用してブロック状に切り取りながらすくい取る。ブロックのサイズはW:10cm L:25cm H:5~10cm程度のレンガ状とする方が植栽の際に好都合である。通常は粘土を多量に含む土壌であるので、掘取ったままの形を保持しやすい。水が多かったり砂礫質土壌である場合には、植物を抜き取る形で個体を採集する方式とする。掘取った植生は発泡スチロール製の、いわゆる「トロ箱」中に移し、搬出した。

搬出作業はどの現場でも多大な労力を要した。搬出作業は開発の本格的工事前に行われる必要があることから、隣接地には取り付け道路が存在しない場所であることが普通であり、人力で水を含んだ「トロ箱」を運びあげる作業は大変な作業であった。最も多量の植生を搬出した鷺羽山では、幸いにも計画地で行われていた高圧線設置のための索道を利用させていただくことができ、大変な労力軽減となった。掘取りの際にはトンボ類のヤゴは極力すくい取ることに留意した。

掘取りの時期は、湿原植生が休眠した秋から冬にかけての期間である。

(4) 植生の植え付け方法 (写真11~15)

単に湿原植生を移植する場合には採取したブロック状の植生を可能な限り自然の植生配列にしたがって密植すればよい。植栽された植生と地形条件が適合しておれば植生の回復は迅速である。

湿原植生を移植し、新たな湿原を造成する場合や、湿原面積の拡大をはかる場合には湿原植生を植え広げる必要がある。センターでは狭小な湿原植生を広大な面積に植え広げる必要があり、基本的には水の流れを制御することを主眼とし、植生の全面的回復は植生の増殖を待つこととした。植栽は西の谷を中心に行ったので、東の谷の大部分では点々とししか植栽を行うことができなかった。

植生の配分については、施工現場への到着の時期が異なったので、自然的植生配列を完全には実現できなかった。植栽作業は1月に始まり、5月までの長期に及んだ。

a. 植栽方法

湿原植生の植栽に際しては、可能な限り、水が分散して広い範囲を潤すこと、ゆっくりと流れる状況を実現しなければならない。

広い範囲を安定的に潤すためには水路による導水と浅い池を設置することが効果的である。センターの湿原では、横断面の基本地形が緩やかな凹状地形として造成されたので、山裾に向かって水の流れを誘導し、流れ込んだ池からオーバーフローした水が斜面の植生を潤すように設定した。

斜面においては、水の流れを遮るようにブロック状の植生を植栽した。その結果、小さな池がうろこ状に連続する形態となった。斜面が比較的急峻である場合には狭い間隔で等高線状に植栽を行い、侵食を防止した。小さな水たまりを取り囲むうろこ状の植栽により、水は水溜まりから水溜まりへとうろこ状の土手を越えて広く広がって流れ、集中して流れを形成することを防止できる（写真11～14）。

湿原の植物は水没に対しては抵抗性が低いものが多く（波田ほか、1988）、モウセンゴケのような小型の植物は水没状態にならないよう植栽しなくてはならない。

このような点在する池と小さな水たまりを囲むうろこ状の植栽は、高層湿原における湿原特有の地形である小凸地（ブルト）－小凹地（シュレンケ）の連なりと池塘をイメージしたものである。

うろこ状の植栽に取り囲まれた水溜まりは湿原特有のハッチョウトンボの生育には好適な立地であったと思われ、後年大繁殖する結果となった。

b. ミズゴケによるマルチング

ミズゴケは湿原に生育するコケ植物であり、特に高層湿原の植生はミズゴケ類の繁茂によって発達し、維持されると言っても過言ではない。このような観点とともに、供給された植生の中に相当量のオオミズゴケが含まれていたため、湿原域の一部にオオミズゴケの繁茂する群落を造成することを試みると共に、表層土の流亡が懸念される場所などにマルチングとして敷き詰めることを試みた（写真15）。

オオミズゴケは温暖な低地ではイヌツゲやカモ

ノハシなど繁茂する場所の下などの空中湿度の高い場所に生育することが多く、直射日光の当たる場所には生育することは少ない。植物体全体が水没する状態では、水質がオオミズゴケの生育に適している場所以外では生育することが困難であり、通常は下部のみが水に接する状態で生育する。

表水の無い場所に敷き詰めた所では、初夏までの比較的気温の低い季節の間は生育が良好であったが、直射日光が当たる場所では、気温が上がる夏季にはほとんどが枯死した。木道の下や日照が遮られる場所では比較的良好に生育したが、植物体の色が通常より緑色濃く、次第に衰退する状況となった。

通常は表水が無く、降雨時に水が流れる場所においては、オオミズゴケを敷き詰めることは、初期の侵食を防止することができ、マルチングの目的は達成されたと考える。

常時表水のある場所に植栽したオオミズゴケは春期においては比較的良好的な生育を示したが次第に白色に退色し、ラン藻と思われるプランクトンが繁茂した。その後、カモノハシやチゴザサなどのやや沼沢性の植物が早期に定着し（種子が混入していた可能性が高い）、繁茂する結果となった。表水のある場所へのオオミズゴケの敷き詰めは沼沢性の高い植生が発達しやすく、湿原の中心部への植栽は不適である結果となった。

湿原の北斜面山際の水路にオオミズゴケを敷き詰めた場所ではカモノハシが繁茂し、その下層にオオミズゴケが繁茂する植生が形成された。現段階では一応ミズゴケの繁茂する植生を実現できたが、カモノハシの繁茂のために普通の状態ではオオミズゴケの生育を確認することは困難な状況になっている。

総じてオオミズゴケの植栽は良好な結果を得ることはできなかったと言えよう。

c. その他の植物の植栽

マアザミ、サワギキョウ、ミズギボウシ、サワヒヨドリなどの個体として掘取った植物は湿原のあるべき自然配列にしたがって植栽した。これらの植物は、比較的大型に育つことから、湿原の下流部を中心に植栽した。

サギソウについては、掘取りに先立ち（平成2年の春）個体として採取し、圃場にて1年間培養した。採取と培養は倉敷の自然をまもる会の協力のもと行われた。

センターへの移植は球根の状態で行い、土壌の中に押し込んだ。植栽した球根数は約2万である。元々移植したブロック状の植生の中にも多数球根が含まれており、実際には数万以上のサギソウが存在したと思われる。現在はセンターの湿原の呼び物の一つになっており、8月のシーズンには多くの来訪者で木道が埋まるほどである（写真16）。

e. 周辺植栽について

○法面植栽

工事の際に発生した法面には、侵食防止の観点から種子を貼付した不織布のシートを張り付ける工法をとった。このような工法をとる場合、種子としては牧草などの3種混合やこれにメドハギなどのマメ科を混入するが多い。外来牧草の繁茂やマメ科植物による富栄養化は湿原植生にとって望ましいものではない。種子は入手可能であったヨモギとススキのみとした。

初年度はススキがほとんど目立たず、ヨモギの単一群落となって異様な景観を呈していたが次第にヨモギは衰退し、年代を経るにつれて調和した草地に変化しつつある。

なお、指定した植物はヨモギであったが、実際にはヨモギの他にカワラヨモギ、イヌヨモギ、オトコヨモギなども芽生えた。

○樹木の植栽

湿原の周囲にはサクラバハンノキ、ハンノキ、ウメモドキ、アカマツ、コバノミツバツツジ、ネコヤナギを植栽した。サクラバハンノキとウメモドキは前述の湿原から供給されたものであり、アカマツとコバノミツバツツジは周辺の森林から山取りしたものである。ハンノキは購入木である。

サクラバハンノキ、ハンノキの生育は比較的良好であったが、年月を経るごとに樹勢が衰え、これに代わって植栽木から散布された種子から芽生えた稚樹が立地に応じて生育し、自然的景観を創造しつつある。

山取りのアカマツ、コバノミツバツツジは概して樹勢が回復せず、2本のアカマツを除いて枯死した。

○周辺森林の管理

西の谷の南側斜面は北向き斜面であり、反対の南向き斜面に比べて樹高が高く、コナラなどの夏緑広葉樹の勢力が増大しつつある状況があった。広葉樹の繁茂は湿原にとっては障害となると考え、アカマツ以外の広葉樹を除伐した。

下刈りを行ったマツ林は、その後のマツ枯れにより大きな被害を受け、大半が枯死した。マツ枯れ病の蔓延と急激な林冠の疎開によりマツへのストレスが増大したことが枯損被害を増大した可能性が高い。緩やかな間伐を繰り返すべきであったと思われる。現在はその後のアカマツの種子発芽により緩やかではあるがマツ林へと回復しつつあり、長期的には目的を達成していると考えられる。

3. 植栽直後の管理

a. 侵食防止

植栽の際には、結果として大量の土壌を搬入したことになるため、土中に埋蔵されている種子（特にカリマタガヤ、シロイヌノヒゲ、イトイヌノヒゲ等の一年生草本）によって、比較的早期に植生が回復することが期待された。しかしながら植栽後の一年間における一年生草本の発芽はほとんどなく、初年度は植栽した植生が定着できた程度であった。このためにある程度の降水があると湿原内に簡単に流路が形成され、しばしば深さ30cm以上の侵食谷（ガリー）が形成された。

このような侵食谷の形成は湿原の水収支を決定的に破壊すると共に、植栽した植生の流亡と埋没を引き起こした。埋没植生の掘り出しと侵食谷の埋め戻しには細心の注意が必要であり、多大な手作業を必要とした。

侵食谷の発生に関しては、特定の地域への水の集中を防ぐように地形を造成することが基本的な対策であるが、施工段階では不明な要素が多く、降水時の状況を観察しつつ、対応せざるを得ない。センターの湿原ではオーバーフロー水系の設置、木杭等により対応した。

木杭については、長さ50cm程度の既製木杭を流れを遮るように列状に打ち込むことを試みたが、湿原に計画通りに打ち込むことができず、板で列状に固定したものを埋設する方式とした。この方法は侵食防止には大変有効な工法であった。

b. 侵入雑草の除草

湿原面積を拡大する場合には、すでに水質が湿原の成立に十分な性質を備えており、雑草が繁茂することは少ない。センターでは新規に広い湿原を造成したために様々な植物の侵入・繁茂が見られた。主要な植物は次の通りである。

アカバナ、アキノウナギツカミ、アメリカセンダングサ、イボクサ、オオアレチノギク、ガマ、スギナ、セイタカアワダチソウ、ヒメジソ、ベニバナボロギク、ホウキギク、メリケンカルカヤ、ヤノネグサ、ヤハズソウ

これらの植物を除草する為には、湿原の中に立ち入らざるを得ず、したがって湿原植生を踏みつける結果になってしまう。踏みつけを最小限にするために、場所によっては自然石を飛び石状に設置した。

雑草植物の除草に関しては早期に行うことが必要であり、若い個体であっても種の同定が必要である。したがって、ある程度の資質を備えた人材があたる必要がある。少なくとも結実して種子を散布する以前には必ず除去する必要がある。結実した個体を見逃すと、次年度には除草に大変な労力となる。なお、これら雑草の侵入は湿原植生の発達に伴って減少している。

植物ではないが、早春にはニホンアカガエルが産卵し、浅い水溜まりにオタマジャクシが多数棲息する状態になった。当初は微笑ましく見守っていたが、生長するにしたがって芽生えはじめた植物を食べてしまい、また泳ぐことが種子からの芽生えの定着に大きな影響を与えることがわかった。当面、ニホンアカガエルの卵塊は除去し、他の適地に移すことにしている。

c. 水の管理

東の谷は集水域が広く、比較的水量があるのに比べ、西の谷は集水域が狭く、水量が不足するこ

とが懸念されていた。

湿原建設前には、西の谷の溜め池には上流側に水が湧く場所があり、少量ながら常時水の流入があった。工事が進むにつれ湧水量は減少し、流量が不足することは確実視される状況となった。原因としては、西の谷の北側を走る旧農道を改修し、土砂を満載したダンプカーが走行したためと推定される。元々農道は降雨時にはできるだけ溜め池に水が流れ込むよう排水溝が設定されていたが、これがダンプカーの重さで潰れてしまったことも大きく影響したと思われる。

これらの状況から、特に水の不足する夏季には平成池からの水の補給が必要であった。西の谷の溜め池までは暫定的に消防用可搬ポンプと直径5cmのパイプによって行った。これによる水の補給は晴天が続いて西の谷の湿原の水量が不足した時に随時行った。

4. 建設経費

湿生植物園の建設経費を表3に示した。ここに記載した経費は建設に直接関係した経費のみであり、湿原植生の掘り取り・搬入に関する経費やその後の補修・管理等の経費は含んでいない。このほか、後年に実施した深井戸の掘削、西の谷上部の老朽化したため池の改修など、湿原として存続させるための必須の工事があり、総計としては2億円程度の経費が必要であったことになる。

竣工後の管理経費に関しては、中・長期的には大きな労力を必要としないことを目標としているが、竣工直後からの数年は丁寧な管理が必要である。現在は研究員指導の元管理が行われているが、これに従事している人役やボランティアの参加などを金銭換算すると相当な金額になるものと思われる。

これらの関係経費が高額なものかどうかについては、将来の判定に待たなくてはならないであろう。

表3. 岡山県自然保護センターの湿原造成関連経費

項目	金額(万円)	項目	金額(万円)	備考
湿生植物園	17,100	木道	4,200	392m, 階段29.6m
園路	24,700	防水シート	2,380	6,480m ²
虫の原っぱ	5,600	造成費	4,860	
昆虫の森	8,600	カラー舗装	270	カラーアスファルト
エントランス広場	16,300	植栽	1,400	湿原植物, 樹木
管理棟など	79,500	平成池	950	給水用ため池
施設全体	151,900	その他	3,040	皿側溝, 石積み

○金額の詳細不明の項目

- ・湿原植物掘り取りと搬入に関する経費（開発業者負担分） ?
- ・湿原植物植え付けと管理に関するボランティア ?

○現在計画中の工事

- ・深井戸に関する水脈の探査 1,000万
- ・深井戸の掘削と関連工事 1,000万

表4. 植栽植物一覧（平成2年～3年度）

植物	量	産地	植物	量	産地
湿原・沼沢地植生			ミソハギ	114本	①
イヌノハナヒゲ類植生	2,800箱	②③	リュウキンカ	10株	⑦
ヌマガヤ植生	100m ²	④	ヌマトラノオ	20本	①③
オオミズゴケ	1,100袋	③④	池沼植生		
サギソウ	20,000球	②	コウホネ	58株	⑨
ミズギボウシ	5,600本	②	ジュンサイ	88本	②
キセルアザミ	84箱	③	ヒツジグサ	10本	⑤
モウセンゴケ	6箱	③	ヒルムシロ	5箱	②
イシモチソウ	280本	③	フトヒルムシロ	10本	②
サワギキョウ	303本	①	ミツガシワ	2本	⑥
カキラン	9本	③	周辺植栽		
オグラセンノウ	7株	⑧	サクラバハンノキ	70本	④
サワヒヨドリ	49本	①	イヌツゲ	65本	③
ノハナショウブ	5本	④	ウメモドキ	30本	④
カキツバタ	6本	①	ショウジョウバカマ	4箱	②

産地：①センター内 ②倉敷市福江・広江地区 ③岡山市菅野地区 ④賀陽町西・宮地区 ⑤岡山市日応寺岡山市立少年自然の家敷地内の湿原 ⑥津黒高原 ⑦広島県東城町 ⑧阿哲郡哲西町 ⑨熊山

終わりに

自然保護センターへの湿原植生の移植は、現在の時点ではほぼ順調に推移しており、成功しつつあるように思われる(西本ほか, 1995)。しかしながら、正当なる評価は、ランダムに近い状態で植栽された植物がそれぞれの生育適地で繁茂し、自然性の高い植生が実現できた段階で行われるべきであり、そのような状態に至るには10~20年の年月を必要とするものと予想している。

今回のような湿原を造成する技術はビオトープ創生の例として扱われるものであるが、近年の開発行為に伴う代償(ミティゲーション)の技術としても注目を集めるに違いない。現実に関山で実施した湿原の移動は全て開発にともなう代償行為であった(これらに関しては別稿を予定している)。

湿原植生は過湿・貧栄養の立地に発達する植生であり、ビオトープとして創造するためには湿原そのものに関する深い理解が必要である。最近行われた移植例の中には、湿原成立の環境条件を完備できないままに、あるいは理解が不十分なままに実施し失敗した例がある。安易には移植が行えないことを示している。

湿原植生に限らないが、貴重あるいはそれに準ずる植生・植物種は元々限られた環境にのみ生育するものであり、現地における現状保存が原則である。やむを得ず移植を行う場合には、邪魔者を移動させて処分するのではなく、移植を行うことによって現状よりもより好適な環境となるよう配慮されなくてはならない。

引用文献

- HADA, Y., 1984. Phytosociological studies on the moor vegetation in the Chugoku District, S.W. Honshu, Japan. Bull. Hiruzen Res. Inst., Okayama Univ. Sci., (10):73-110.
- 波田善夫・岩田一雄・今西美香, 1988. 湯原湖の湖岸植生. 自然保護基礎調査報告書, pp.2-18. 岡山県.
- 西本 孝・宮下和之・波田善夫, 1995. 岡山県自然

保護センター湿生植物園の植生. 岡山県自然保護センター研究報告, (3):11-22.



写真1. 水田土壌による造成直後の基盤地形



写真5. オーバーフローのためのヒューム管



写真2. 防水シートの敷き詰め作業



写真6. 表層土壌滑落防止のための松杭とネット
段間の急傾斜地の水路部分は石組に作り変えた。



写真3. 表土 (マサ土) の搬入作業



写真7. 木道の設置作業



写真4. 造成直後の地形



写真8. 完成した木道



写真9. 湿原植生の掘取作業 (岡山市菅野地区)

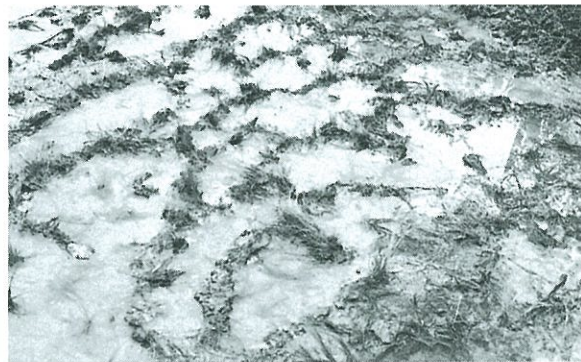


写真13. 傾斜地の植栽状況。
流速を制限するよう、ウロコ状植栽を行った。



写真10. 植生の搬入作業



写真14. 急傾斜地の植栽状況。等高線状に畦状植栽を行った。



写真11. 湿原植生の植栽作業。
ほとんど平坦な場所では点状に植栽した。



写真15. オオミズゴケによるマルチング。
直接水に浸かっているミズゴケは生存したが、水浸状態のミズゴケは青緑色となり枯死した。



写真12. 湿原植生の植栽状況。緩やかな傾斜地では点状の植栽と畦状植栽を行った。

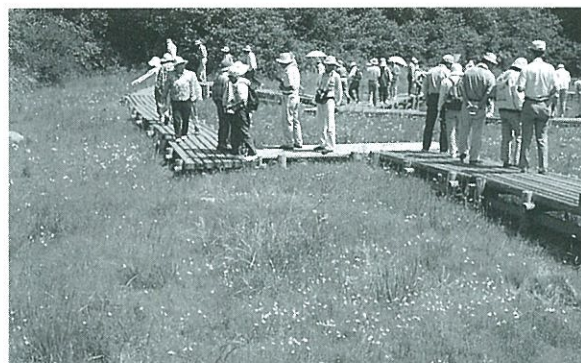


写真16. 2年後の湿原植生発達状況 (1993年8月)。
サギソウの開花シーズンには多数の来訪者がある。