

総 説

湿原の管理と植生遷移

岡山県自然保護センター 西本 孝

MANAGEMENT AND VEGETATIONAL CHANGE OF THE MARSH LAND GARDEN IN THE OKAYAMA PREFECTURAL NATURE CONSERVATION CENTER

Takashi NISHIMOTO, *Okayama Prefectural Nature Conservation Center*

ABSTRACT

The Okayama Prefectural Nature Conservation Center, one of the prefectural institutions for nature conservation and research, has a marsh land garden. This marsh land garden contains four small ponds, which were artificially constructed in 1991 and have been managed as poor-nutritional marshes for ten years. This is probably the first example in Japan of a marsh land garden that has been transplanted to a site that was not originally a natural marsh. The details of the management of the marsh land garden include removing unsuitable plants, water control, water flow arrangement to avoid arid spot occurrence, maintaining the safety of the pedestrian bridges made of wood, care of the irrigation pond and the well, maintenance of the vegetation on the slope and the forest adjacent to the marsh land garden, and keeping the marsh land garden with high species diversity in order to cause some disturbances artificially or naturally. The most important management for maintaining the natural conditions of the marsh land garden was the control of the water flowing in the marshland in a poor-nutritional condition and in a suitable amount. Using the vegetation data obtained every other year from the 3rd year after establishment, all species occurring in this marsh land garden were divided into 6 species groups based on their normal distribution area and life form. Hygrophyte is a component of marshland, but aletophyte is not. Hygrophyte and aletophyte were each divided into two groups depending on whether they were annual or perennial plants, respectively. The other groups were woody plants and climbing plants, both of which are components of the forest adjacent to the marshland. We calculated the frequency of occurrence of species from each group using the vegetation data obtained each year investigated. By comparing these frequencies with those of the original marshland in its 3rd year, we found that the frequency of the perennial species of Hygrophyte decreased, but that of the annual species increased. This is because they could grow well on the new vacant spaces, which had been created at the time of the transplantation. In the 5th year, the frequency of the perennial species of Hygrophyte was lowest, but it increased gradually after that year. In the 7th and 9th years, the frequency of aletophyte kept a high level, and so it can be concluded that the components of the marsh in recent years are far from those in its original year. To keep the marsh land garden closer to a natural marsh, we removed the unsuitable species such as aletophyte. However, a comparison with the original garden shows that the situation after the

transplantation has not been good, and that much effort and time is needed to keep it in its original state.

キーワード：植生管理、植生変遷、人工湿原、保全。

はじめに

岡山県自然保護センターでは園内に自然観察のための施設の一つとして湿生植物園が造成された。人工的につくられた湿生植物園は、岡山県中部から南部にかけて普通に見られる湧き水のある後背地に発達する貧栄養型の湿原植生を実現することが中心課題となった。湿原部分の敷地面積は約0.8haであった。この規模で、元々湿原が発達していない場所に創造され、10年間にわたり湿原として維持されたものとしては国内には他に例がないと思われる。

本湿生植物園は人工湿原として長期に維持された初めての事例となったことから、貴重な先進事例の記録を残す意味で詳細に記録されてきた。本報告は施工直後から行ってきた管理記録および植生変遷について、これまでの報告（西本，1995；西本，1997 a；西本，2000）をもとに、内容を整理したものである。

管理では湿原として維持するためには水質と水量を適正に保つことが最も重要となった。このための管理には多大の時間が必要であった。また植生では湿生植物が良好に生育できるようにするためには、不要な植物を除去するなどの管理が必要であった。しかし、10年を経過しても、外見上は湿原の植物が生育する良好な状態にはなしたが、植生のモニタリング調査結果からは移植元の種構成には至っていないことが明らかになっている。

湿原の管理のために求められる管理内容は不明であり、常に手探りの状態で管理が進められた。このため、管理には多くの方々の理解と協力が必要であった。最も多くの問題が生じた造成初期の不安定な時期には（株）ウエスコの大西智佳、当時岡山理科大学学生福沢好晃、小新真代の3氏には多大な協力をいただいた。また、湿原の植物では移植元からの植物の提供をいただいた本田徹氏、サギソウやトキソウの苗を提供して下さった古屋野寛氏をはじめとする倉敷自然をまもる会

の皆様方には多くの協力をいただいた。井戸掘りをお願いした業者の担当者、予想よりも早期に腐った木道の付け替え工事では、湿原内に踏み込まずに付け替えるという難工事をお願いすることになった業者の方々には大変お世話になった。さらに、湿原での雑草の除去ではセンターのボランティアの皆さんに、草刈りや刈り取った草の搬出、森林内の間伐等では地元のシルバー人材センターの方々から多大な協力をいただいた。こうした皆さんの協力の下に湿原が目標に向かって進むことができた。多くの方々にあらためて感謝の意を表したい。

調査地の概要

湿原の造成が行われた場所は、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で平均斜度は6.7%、東の谷は長さ94mで平均斜度は7.9%である。

西の谷の集水域は3.5haと狭く、西の谷の最上部には老朽化した小さな溜め池（西谷池と命名）があった（写真1）。この池の上部および周辺には少量の浸出水があった。これに対して東の谷の集水域は6.9haと西の谷に比べて広く、谷には常時伏流水があった。

造成予定地周辺には典型的な湿原植生はなく、西の谷上部の溜め池周辺にアゼスゲ、ヒメシロネ、チダケサシ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。ここは別のセンターの敷地内にはコイヌノハナヒゲ、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あることが湿原造成後に発見された。このことから、ここでは条件がそろえば湿原植生が成立する可能性が考えられた。

造成予定地周辺の森林はアカマツ林で、アカマツが優占するほかコナラやソヨゴなどが混生する森林であった。（西本，1994）

移植地の環境整備

1. 事前調査でわかった湿原候補地の水環境

湿原の造成にあたって事前に調査が行われた。波田ほか(1995)は1990年4月の水質調査の結果をもとに湿原の造成にあたっての注意点を次のように指摘した。

- (1) 西の谷は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。
- (2) 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る。
- (3) 西の谷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。
- (4) 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。

2. 地形造成の方針

波田ほか(1995)は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と指摘した。

- (1) 水質は貧栄養であること。
- (2) 流量は湿潤状態を保つことができるならば少ない方がよい。
- (3) 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。

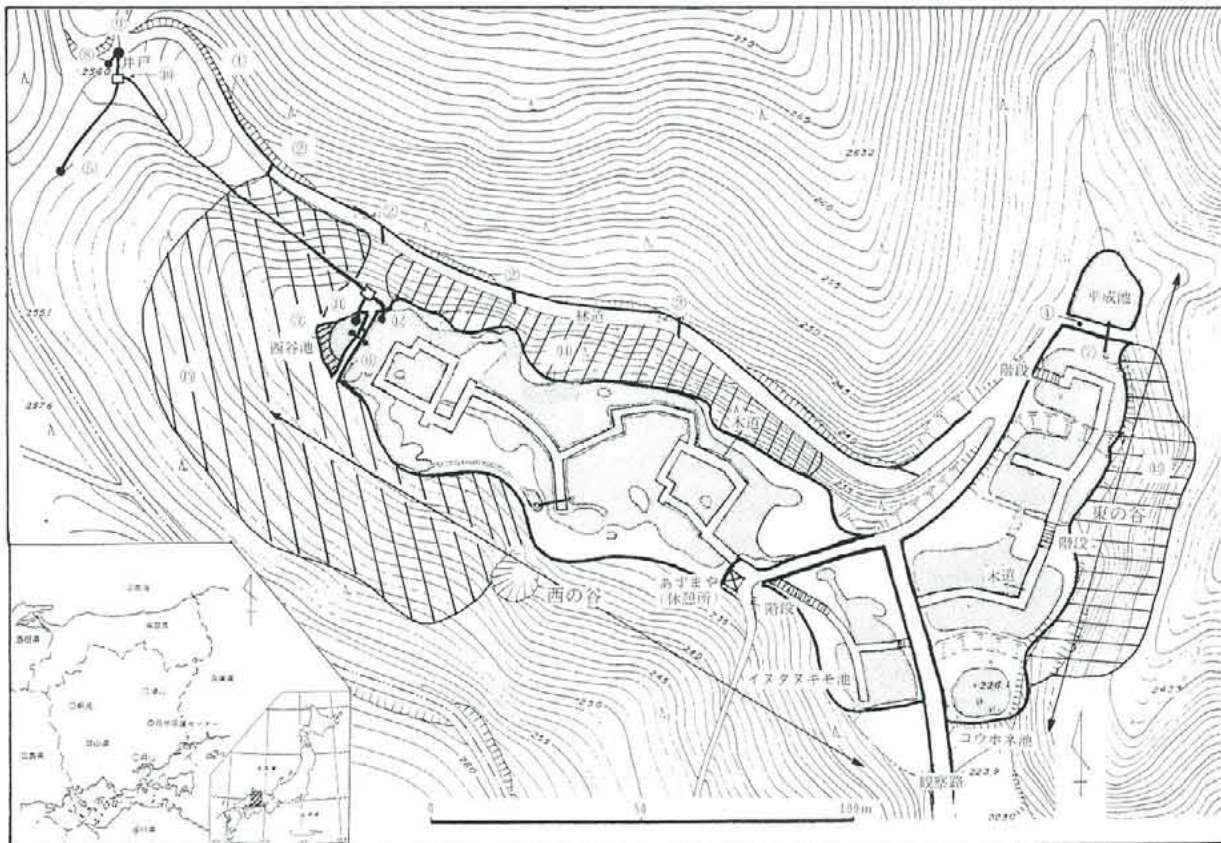


図1. 湿生植物園の位置および名称。右側を「東の谷」、左側を「西の谷」と呼ぶ。網掛けで示した範囲は水が常時ある場所を示している。図中の番号は改良が加えられた地点を示す。①北側の林道に設けられた側溝、②北側の林道に設けられた横断側溝、③西谷池の土手を修理水時に土砂を採取した場所、④消防ポンプ設置位置、⑤井戸水山中放水地点、⑥西谷池から湿原への放水位置と池の拡張部分、⑦平成池から東の谷への放水経路、⑧井戸掘削地点、⑨井戸水を一時的に貯めるタンク設置地点、⑩井戸水用ビニルパイプ分岐地点、⑪西谷池への経路、⑫西谷池樋の新設地点(直接湿原へ流れ込む経路)、⑬西の谷南側斜面(アカマツ林内の下刈り、マツ枯れ後はマツ林へ再生に向けて管理)、⑭西の谷北側斜面(アカマツ・コナラ林でコナラの間伐や下刈りをした範囲)、⑮東の谷東斜面(アカマツ林内の下刈りした範囲)。

- (4) 流量は年間を通して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。
- (5) 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。
- (6) 日照は十分にあること。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。

3. 地形の造成

以上の観点に注意しながら湿原を移植するための地形造成の準備が進められた。そのポイントをまとめると次のようになる。

(1) 湿原面を緩傾斜にする(写真2, 3)

湿原を流れる水が緩やかに停滞しないように、傾斜は数%程度の緩傾斜地となるようにいくつかの段を設置し、その間に緩やかな斜面を造成した。

(2) 防水シートの貼り付け

水がしみこまないように湿原全面に防水シートを設置した。防水シートの上にはまき土を50cmの厚さで敷き詰めた。

(3) ヒューム管の設置

湿原植生の成立には安定した湿潤状態が必要であることから、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も、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。

(4) 水源の確保

東の谷上部に溜め池を造成し、この池から西谷池に水をポンプアップした。

湿原の管理

造成された場所に木道がつくられ、移植元から運搬されてきた植物が植えられた(写真4)。この段階では植物が移植されただけで、自然の湿原状態に達してその状態が維持されるためには、造成直後から求められる日常の管理が重要となった。少しでも近づけるため、植物の生育状況、種類構成や水の流れなど、さまざまな観点から評価し工夫を凝らす必要があった。しかし、移植直後

の湿原は湿原として完成された状態ではなく、湿原として成立する可能性を持った状態であった。管理を誤れば湿原は直ちに失われる危険性をはらんでいた。

移植直後の湿原と管理方針の決定

1. 西の谷と東の谷の管理基準

西の谷では水質が湿原にとって望ましい貧栄養な状態に保たれる可能性があったため、西の谷の管理方針は水質を貧栄養に押さえることとし、植生はサギソウ、トキソウ、モウセンゴケ、イヌノハナヒゲ類の優占するイヌノハナヒゲ型湿原をめざすことになった。

これに対して東の谷では水質が西の谷に比べてやや富栄養であることから、イヌノハナヒゲ型湿原をめざすには困難であることが判明した。このため、やや富栄養な状態でも生育できる湿原植物であるノハナショウブ、カキツバタ、クサレダマ等の高茎草本が生育するノハナショウブ型の湿原をめざすことになった。

2. 管理上予想された問題点と対策

(1) 貧栄養な水の確保

西の谷の集水面積が狭く、地質が花崗岩であることから水質は貧栄養であることは予想されていた。しかし、水不足が懸念され、貧栄養型の湿原をめざすには、貧栄養な水を十分に確保するための対策が必要であった。そのために次のような対策を採った。

(2) 周辺の植生をアカマツ林として維持

岡山県南部での湧き水型の湿原は周辺がアカマツやネズが優占し、ツツジ型林床を持った植生であることが多い。しかも林内はソヨゴやヒサカキなどの常緑低木は除去し、コバノミツバツツジなどが生育するツツジ型林床とする。植物による蒸発散を押さえて、水分使用量を少なくすることと湿原への日射量の確保が目的である。裸地にしたのではかえって蒸発量が増すことになるため、比較的水を使わない植生であるアカマツ林として維持することを目標にした。

(3) 横断側溝の設置

西の谷の北側には林道が通っている。この山際に沿って側溝が掘られた(図1①)。この側溝は湿原造成直後に降った夕立で、林道を越えて流れ

た水を含めて多量の上砂が流れ込んで湿原内が壊滅的な打撃を受けることになったため、事後対策として掘られたものである。しかし、結果的には雨の水が湿原内に流れ込まず、側溝を流れ下ってしまうことになり、それまで湿原に流れ込んでいた水のかなりの部分を失うことになった。この水を確保するために、この林道の途中に4ヶ所に横断側溝を設置した(図1②)。

(4) 西谷池の修理(図1③)

西谷池は容量が小さく堤防も古かったため、十分な雨を貯めることもできなかった。このため早い段階で、堤防の補強などの修理を必要としていた。

植栽直後に起きた問題と対処

1. 湿原内の侵食防止

植栽の際に持ち込まれた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、比較的早期に湿原の植生が回復すると、当初は期待されていた。しかし植栽後の一年間は一年生草本の発芽は認められず、裸地がむき出しのままであった。このため、湿原内には流路ができ、放置すれば深さ30cm以上の浸食谷が形成されることになった。植栽した植生の流亡や移動した土砂により植栽した植物が埋没されることになった。埋没した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。

日常的な管理では侵食されないように、水の集中を防ぐように流路を修正した。地形の造成段階では予想できないことであるため、完成後に現場での変化を視察しつつ対応する必要があった。施工時に設置されたオーバーフロー水系は、多量の水の集中を避けることができ、被害の拡大を防ぐことに貢献したものと予想される。

また移植後まき上が安定してない段階で、夕立による短時間に降った多量の降水によって、植栽した植物や湿原内外からの多量の上砂が流入・流亡したことから、主だったところに木杭を入れることになった。植生のない木道の下部は土砂が動きやすいことが判明したため、特に木道の両側に木杭を入れた。木杭は板で列状に固定したものを埋設した。木杭は単独では打ち込む際にすでに入

れた周辺の杭が浮き上がってくるという問題が発生した。このためあらかじめ板に杭を打ち付けて、板全体を埋めるという方法をとった。杭を入れることによって、土砂の侵食防止には大変有効であった。

2. 侵入雑草の除去

既存の湿原ではその面積を拡大する場合には雑草が繁茂することは少ないが、新規に広い湿原を造成したセンターの場合は様々な植物が侵入し、繁茂した。その主要な植物はアカバナ、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、ヤハズソウである。

これらの植物を除草するためには湿原の中に立ち入らざるを得ないため、除草の際には湿原植生を踏みつけないように心がける必要がある。踏みつけを最小限にするために、湿原内に自然石を飛び石状に設置した。

雑草は早期に抜くことが必要で、若い個体での種の同定が必要とされる。ある程度の同定能力を備えた人材が作業にあたる必要がある。少なくとも結実して種子を散布する以前に除去することが肝要である。結実した個体を見逃すと、次年度には除草が大変な労力となる。

3. 侵入動物の除去

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した。生長するにしたがって芽生えはじめた植物を食べたり、泳ぎまわることによって種子からの芽生えや定着に大きな影響を与えることがわかった。植物が定着するまでの期間、ニホンアカガエルは卵塊の段階で他の適地に移した。

4. 水の管理

西の谷は集水域が狭いことから水不足が懸念されていた。湿原建設前、西の谷の溜め池には上流側に湧き水があり、少量ながら常時水が流入していた。しかし、センターの施設工事により湧水量が減少した。原因はかつてつくられた横断側溝が壊されたことと、林道の山際に沿って掘られた側溝のためであると考えられた。その後横断側溝は修理されたが、同じようには湧き水が得られなく

なってしまった。

西の谷では水がもともと少ないところに加えてこれらの状況が重なり、常時、水が不足することになった。このため平成池からの水の補給が必要となり、西谷池までは消防用ポンプと直径5cmのパイプを敷設して給水した(図1④)。これによる水の補給はほぼ毎日少なくとも1回は行った。水が極端に減少する夏期には2回給水する必要が生じた。

経年的な移植後管理

湿原の管理は、年間を通じて同じことが毎年繰り返される内容と、突発的に起きたことに対する内容があった。それぞれについて、項目をあげて管理内容とその対策についてまとめた。

1. 雑草の除去

(1) 除去した雑草の種類

ヤノネグサ、アキノウナギツカミ、ウナギツカミ、メリケンカルカヤ、セイタカアワダチソウ、ヒメムカシヨモギ、オオアレチノギク、チゴザサ、イボクサ、アメリカセンダングサ、コブナグサ、チョウジタデ、スギナ、ヌメリグサ、コアゼガヤツリ、ヤハズソウなど。

2. 除去のポイント

(1) 繁殖が著しい植物は完全な除去をめざした。

- ・はびこると除去がやっかいになるイボクサ、ヤノネグサは小さな物も含めて完全に除去するよう努めた。

(2) 種子の散布前に除去することを目標とした。

- ・種子がまき散らされると、思わぬところから出てきて、その後の除草作業が大変になると予想される。
- ・除草は10月までに終わるように心がけた。

(3) 雑草の除去は慎重に行った。

- ・サギソウ、トキソウなど増えてほしい花のきれいな植物を踏まないようにした。
- ・初期成長を妨げないように注意しながら草を抜いた。
- ・次の足の置く場所を見定めてから動くように心がけた。

(4) 作業の便宜のため飛び石を設置した。

- ・湿原内に両足で乗れる程度の大きさの石を置き、飛び石をつくりながら作業を進めていった。

(5) 草拔きは必要に応じて適宜行った。

- ・除草は基本的に巡回中に筆者が行ったが、常連の来訪者に協力していただくこともあった。

(6) 花が目立つ時期は避けた。

- ・サギソウ、トキソウとの生育期間には極力避けるようにした。
- ・この時期には来訪者が多いため、誤解を受けないような配慮で湿原内への立ち入りを避けた。
- ・作業は秋に集中して行った。

(7) 雑草の除去は無心で行うに限る。

- ・園内の掃除担当者に雑草の除去をお願いしたことがあるが、腰をかがめての姿勢が続く細かい作業であったために長続きしなかつたり、人数の多い場合にはどうやったら早く採れるかなどの相談からはじまり、ほかの話題になり、作業が次第に雑になっていった。

3. 木道修理後の新規雑草の除去

- ・平成9年には木道の修理に伴って搬入したまき土から新たに雑草が出てきた。
- ・生育したのはブタクサ、ベニバナボロギク、ダンドボロギクなどで、開設初期に見られて以来出ていなかった種類である。

4. ボランティアによる除去作業(写真5, 6)

- ・平成7年4月下旬、ボランティアの協力で単発的に東の谷のチゴザサを刈り取った。
- ・平成10年以降、毎年雑草の除去をボランティアの協力の下に進める。
- ・10月に4回実施した。
- ・1回あたり4~5人で、午前午後各2時間程度の作業であった。
- ・初心者には種類を限定して、見本と照らし合わせながら作業となった。
- ・この時期はまだアシナガバチの仲間の巣があり、注意を促し慎重に作業を行った。
- ・踏み荒らす心配については、慎重に足を運ぶこつをお願いしただけであり、人数的には強いダメージではないと思われた。

5. 湿原内部の植物の除去

(1) 西の谷の除草作業

- ・平成5年5月湿原内部の枯れ草を除去したことがあった。
- ・湿原内に生育しているシロイヌノヒゲ、カリマ

タガヤなどの枯れた地上部を除去した。

- ・ 湿原内には前年に生育していた湿原の植物が枯れたままの状態に残っている。
- ・ 本来、枯れた湿原の植物は横倒しとなり、流れてきた泥や水を止めてスポンジ状になり、その後の湿原の植物の生育を助ける役目を果たすと考えられるが、この時点での湿生植物園では水質が富栄養であることもあってやや生育が良く、枯れた植物が繁りすぎた状態であった。この植物の一部を間引くために除去した。
- ・ シルバー人材センターから派遣された10名が横一列になって湿原内を注意深く歩きながら、指を広げ手ですくうようにして引っかかった植物を除去した。
- ・ この作業はその後しなかった。
- ・ 湿原内の植物は雑草以外は枯れた後ゆっくりと腐って積み重なっていき、流水中の粘土分を貯めることがわかった。

(2) 東の谷の除草作業 (写真7, 8)

東の谷では平成4年～平成8年までの5年間は、湿原の法面と湿原内部を含めて全面的に刈り取った。

- ・ 東の谷では年に一回、1月～2月に湿原内部の植物を全面的に刈り取るという作業を行った。
- ・ 町のシルバー人材センターから派遣された10人程度が草刈り機で刈り取った。
- ・ 刈り取った草は全部搬出してもらった。
- ・ 平成8年には湿原内にチゴザサが繁殖し、広範囲に広がるとともに、ノハナショウブ、ヌマガヤ、スイランなど高茎草本が定着してきたが、なかなか増えない状態が続いていた。平成9年以降湿原内の全面草刈りを中止した。
- ・ これまで行ってきた、東の谷の湿原部での全面刈りをやめた。
- ・ 刈り取りを続けている限り、遷移が進まず、一定の植物しか生えなくなっていたため。
- ・ 今後は遷移を進行させ、当初の目的である高茎草本型の湿原をめざして管理を進めるようにした。
- ・ 平成10年には茂った状態となった。優占する種類はカモノハシ、ミソハギであった。
- ・ 平成11年にはカモノハシの優占し、ヌマガヤ、ノハナショウブ、クサレダマ、ミソハギなどの

高茎草本型の植生が認められる部分ができてきた。

- ・ ガマ、ヒメガマが生育してきたため、地下茎を含めて全部取り除くようにした。

6. 湿原植物の一部除去

- ・ 西の谷では高茎草本が目立ってきたために、一部を除去した。
- ・ 個体数の調整と腐植の蓄積を避ける目的で行った。
- ・ 除去した種類は、カモノハシ、サワヒヨドリ、ヒヨドリバナ、クサレダマである。

水の管理

水の管理は湿原を維持するために最も重要なものであった。管理には時間と根気が必要とされた。ここでは管理状態の異なる西の谷と東の谷で別々にまとめた。また、西の谷は井戸が掘られるまでと掘られてからで、異なった管理が行われた。

1. 井戸掘り前の西の谷への水の供給

(1) 消防ポンプによる平成池から西谷池への給水

- ・ 消防ポンプはガソリンを2.5リットルで満タンになるタンクに入れ、ガソリンがなくなって止まるまで給水した。
- ・ 西谷池の容積は約50㎡で、ガソリンを満タンにした消防ポンプで2回の給水でほぼ一杯になる量であった。
- ・ 消防ポンプは頻繁に使うようになると故障が起りやすくなり、修理に手間がかかった。

(2) 池からの給水

- ・ 西の谷から少しずつしみ出してきた水を湿原内に流した。量は把握できなかったが適量であった。
- ・ 池の水位が底に近くなると漏れて出ていた水が止まってしまう。水位がそれを超える場合には適量の水が出できた。
- ・ 平成4年以降では、適量を保つためにほぼ毎日見回る必要が生じた。
- ・ この時点で漏水があることはわかっていたが、漏水箇所が不明で処置できなかった。
- ・ 平成5年に堤防の漏水防止工事が終了した後、池からの水はビニル製のホースを使ってサイホン式で流した。
- ・ この方法では調節が難しく、池の中にあった葉

や枝がホースの先につまり、水が止まること
がしばしばあったため、毎日の見回りが欠かせな
かった。

2. 井戸水利用開始後の西の谷への水の供給

(1) 平成7年1月から井戸水の供給開始

- ・以前使っていた消防ポンプが不要になり、撤去した（平成7年5月）。
- ・西の谷で使用する井戸水は井戸の近くで山中に流した（図1⑤）。
- ・自然に流下して西谷池にたまった水を湿原に使った。
- ・井戸水の山中に流す量は通常1日約10トンで、天候に関係なく一定の割合で流した。
- ・井戸水は水質は電気伝導度50 μ S/cm前後まで下がり、安定した。
- ・西谷池では40 μ S/cm以下となり、湿原内に貧栄養な良好な水が常時流れるようになった。

(2) 落雷による井戸の揚水ストップ

- ・井戸水の揚水を自動的に制御するリレーが落雷の影響を受けて故障し、タンクへの供給が停止し、タンクに貯まった水がなくなったことから、湿原への供給が停止することがあった。
- ・リレーの交換が遅れた場合、長期間にわたり湿原への供給がストップすることになるため、雷が鳴った時は特に注意が必要であった。
- ・揚水がストップした場合、夏期には山中を流下する水が蒸発するため、井戸水が再開してから西谷池への貯水できるまでに時間を要することがあった。
- ・不足した水量は、西谷池の樋門を1段ずつ下げることによって供給する必要があった。

(3) 7～9月は井戸水を西谷池に直接流した。

- ・平成7年には夏期に山中に流した井戸水は途中で蒸発してしまい、西谷池まで達しないことがあった。
- ・西谷池の水位が下がったため、井戸水を直接西谷池まで流し込んだ。

(4) タンチョウのケージ内で水が不足したため、井戸水の揚水量を増やした。

- ・井戸水をタンチョウのケージへは平成7年度から行った。
- ・井戸水の揚水量を通常の2～3倍とした。
- ・汲み上げる水量が多くなるためにこの期間は水

質がやや富栄養になった。

- ・井戸水はパイプを伝って西谷池に直接流し、オーバーフローしたものが湿原地下のパイプを経て、タンチョウのケージ内に流れ下った。
- ・流量が管理できるようになってから、タンチョウのケージには6時から18時まで流し、流量は25トン/日前後であった。

(5) 井戸に量水メータ新設（平成9年3月）

- ・井戸からの水量が測定できるようになった。
- ・単位時間あたりの水量も調節できるようになり、一日あたりの水量が把握できるようになった。

(6) 西谷池からの給水（図1⑥）

- ・井戸水は西谷池に貯めて、樋から流れ出るようにした。
- ・樋には落葉・落枝がつまり、流れ出しの量が減少することがあった。
- ・夏期の水量不足には、下部の樋をあけて流量を増やすことがあった。
- ・通常は井戸から山中に流した水が西谷池にしみ出す量が樋からオーバーフローする量となる。
- ・山中に流した水は途中で蒸発する量があると思われるが、量は不明である。
- ・雨が続いて西谷池が満水になる時は樋のふたで水量を調節して、一定の水量が流れるようにした。
- ・この時余分な水はオーバーフローさせた。

2. 東の谷への水の供給（図1⑦）

(1) 平成池の土手にビニル管を通す。

- ・土手にビニル管を通して、湿原側の出口にバルブを付け、水の調整ができるようにした。

(2) ビニル管の泥のつまりを除去した（適宜）。

- ・水が流れなくなるので、適宜バルブを開けて水量を増やして泥を流し出した。
- ・泥の除去の際に流す水量を増やすと小魚がパイプに吸い込まれ、パイプを詰まらせることがあった。

水質の調査

水の管理を行う目的で、水質を定期的に測定した。調査結果については後述する。

湿原内部の流路整備

1. 植栽完了時の湿原内部の状態

移植先であるセンターの湿原の面積に対して移植元の面積が狭かったために、移植用の苗が十分に得られなかった。このため湿原内部全面に苗を敷き詰めることができず、植物は田植え直後のように規則正しく並んでいた。植物の間を流れる水によって、まさ土が削られて植えた苗が浮き上がってしまう可能性が考えられたことから、対策として、湿原の苗をU字型にならべて、魚のうろこ形をつくるように敷き詰めていった（うろこ形植栽；波田ほか，1995；写真9）。その結果、湿原面には段々畑状のものができあがり、急斜面では棚田状となった。水はU字型部分には底の部分から次第にたまり、上部から水があふれて流れだして隣にたまり、さらに下流のU字型の中にたまるというように流れていき、ゆっくりと流れるようになった。

2. 流路の整備

- ・停滞した流路はたまった泥や葉を除去し、再び流れるようにした。
- ・土砂が貯まって、流れが滞った部分を修理した。
- ・貯まった土砂を削られた部分に移動し、湿生植物をうろこ形植栽で植え直した（写真9）。

3. 新たな流路の確保（写真10）

- ・毎年湿原内に乾燥した場所があり、適宜水路を設けるなどして乾燥化を防ぐ努力をした。
- ・補修した部分は図1に示した。

4. ヒューム管のつまりを取り除く。

- ・湿原内の水は全体にまんべんなく行き渡るように、木道の下を通して移動させたため、埋め込まれたヒューム管の掃除が欠かせなかった。
- ・道具は針金を螺旋状に巻いたもので、水道のパイプなど細い管のつまりをとるのによく使われる製品を使用した。

5. たまりに発生するアオミドロ類の除去

- ・西の谷のたまりにはアオミドロ類が発生するため、適宜除去した。

- ・除去には枝や枯れ草を使い、巻き付けて引っ張り出して湿原の下流の山際に捨てた。

6. シャジクモの移植

- ・シャジクモが生育するたまりではアオミドロ類の発生が少ないことが観察されていたので、いくつかのたまりにシャジクモを移植した。
- ・シャジクモを移植したたまりでは、アオミドロ類が減少するという効果は見られたが、すべてを除去できず、量的な問題が残された。
- ・シャジクモは移植後良好に生育する場所とそうでない場所があった。原因は不明である。

7. 豪雨の時前に流路の整備する。

- ・多量の雨が降ると予想される時、あらかじめ流路の落ち葉、泥などを除去した。

8. 東の谷の木道階段部の下が削られた。

- ・梅雨時期にかなりの雨が降ったことにより、土手にせき止められていた水があふれ出し、階段の下を削ったと思われる。
- ・別の排水ルートを造った。

9. 東の谷の湿原部分補修

- ・東の谷で木道を修理後、木道の下が掘れて深くなっていた。
- ・アオミドロが発生してきたため、土砂を入れて埋め戻した。
- ・土砂は湿原内部分で大きな株となったカモノハシをスコップで掘り起こして、カモノハシの茎を地際で切って、直径50cm程度の大きさにして、木道の下に入れた。
- ・深くなった部分が改善される効果があった。

木道の整備

木道は観察者の便宜を図るために設置された。サイズや配置される位置については設計の段階でさまざまな案があった。材質についても詳しいことは波田ほか（1995）に説明されている。設定時に問題があり、予想に反して予定より早く腐ることになった。

1. 木道の応急修理

平成6年頃から痛みが激しくなり、人が歩く面の丸太が腐り始めた。また、丸太の両側は座板でボルトによってしっかり固定されていたが、座板が腐ったため、止めているボルトがはずれたり、歩くとシーソー状態となって危険な状態になると

ころも出てきた。当面、丸太をかませてボルトを締め直すなどの応急措置をした。また平成7年になると痛みがひどくなった部分は丸太を新しくするなどの処置を施した。

2. 木道の全面修理（2月～3月）（写真11, 12）

- ・木道の痛みが激しくなり、歩行に危険が生じたため、全面改修した。
- ・新しい材料はボルネオでセラガン・バツと呼ばれる堅くて腐りにくいものを使った。
- ・工事中の湿原内部への立ち入りを極力抑えた。
- ・すでに湿原内部の植物は定着し、良好な状態に向かっていたため、修理にあたっては事前の打ち合わせを十分に行った。特に工事担当者に直接話をし、現場でも指導した。
- ・基本的には木道の範囲から出ずに作業をするようお願いした。
- ・木道の固定のためにボルトを締めるため踏み出す必要が生じた際には、木道の両脇50cm程度ベニヤ板などを敷いて直接植物を踏まないように作業をお願いした。
- ・特に重要な植物がある場合はトロ箱に詰めて、一時避難させて、工事終了後もとに植え直してもらった。

3. 木道修理後

- ・木道の修理後、以前よりも安全に通行できるようになった（写真13）。
- ・西の谷では木道の下にまさ土を入れた。
- ・水が流れ込まないように湿原面よりも高くするために入れた。
- ・入れてから1ヶ月近く、まさ土からの浸みだした細かい砂で湿原内の水が褐色に濁った。
- ・木道の下が新たに水の通り道になった（写真14）。
- ・7月の多量の雨により、通常の水路に植物の枝や葉がつまったために、別のルートができた。
- ・通常のルートのゴミを除去して対応したが、新たなルートは、今まで水が回りにくかったところにも供給されるため、そのまま利用することにした。
- ・平成10年には木道の下に入れたまさ土から草が生えた。
- ・木道の下に草が生えるように木道のふみ板にわずかの隙間をつくり、光が入るように工夫して

おいた効果があらわれてきた。

西谷池の管理

1. 漏水防止工事（平成4年6月）

- ・西谷池からはわずかであるが水が以前から漏れていることがわかっていた。
- ・どこから漏れているのかが特定できなかったが、ボランティアの協力のもとで、可能性の高いところに土のうを積んだ。
- ・はっきりした効果は認められなかった。

2. 西谷池の漏水修理

- ・水漏れの原因は古い樋から水が漏れているためであることが判明した。
 - ・平成5年に樋をつぶして、土のうを積んで固める。
 - ・池の水を少なくして、樋のあった周辺に防水シートをかぶせ、その上から土のうを積み上げた（土のうの袋は天然素材で将来的には腐るものとした）。
 - ・これだけでもかなりの効果がみられ、次第に池に水がたまってきた。このため、今まで出てきていた水量を確保するために、ゴムホースを利用して、サイホンの原理で池の水を湿原内に流した。
 - ・ゴムホースは家庭用の散水ホースと同じもので、水がなくなってもつぶれないものを使った。
 - ・ホースは長時間使用すると、池の内部にあった枝や葉がホースの先につまり、水が止まることしばしばあった。
 - ・つまらないようにするために、目の粗い布製の袋にホースの先をつっこんで紐で縛ってみた。こうすると比較的つまりにくくなったが、根本的な解決にはならなかった。その後何度かつまりをとる必要があり、その都度対応した。
- ### 3. 西の谷の土手修理と樋の新設（図1⑥）
- ・平成6年に西谷池の土手を修理した。
 - ・前述の古い樋から漏水とは別に、西の谷池の土手の端からもしみ出しがあった。
 - ・わずかな量であったことから、しばらく放置していた。
 - ・将来的には土手の強度が保たれるか不安であったことから、今後のため土手の補強工事を行った。

- ・補強のための上は西谷池の山側を削り、池を拡張して集めた。
- ・土手の内側から土を盛りつけて補強し、防水シートを全面的に張り付けた。
- ・土手の工事は7月6日に水を抜き始め、8月5日に完了した。
- ・西谷池の土手に樋を新設した。
- ・湿原への水の取り出し口をつくるため、樋を新設した。
- ・古い樋があったが、泥が詰まっていた、機能していなかった。
- ・ビニルパイプを使い垂直に等間隔で5カ所から給水できるようにした(写真15)。
- ・取水する水量は、ねじ込み式のふたをゆるめ、ふたとパイプとの間に隙間をつくり調整できるようにした。

井戸掘り

1. 井戸掘り計画

(1) 湿生植物園の保護・保全に関する報告書の提出

- 平成5年3月、管理運営協議会委員の波田先生から「岡山県自然保護センター内湿生植物園の保護・保全に関する調査報告書」が提出された。
- ・2年目の湿生植物園の現状が必ずしも良好でないことから、今後の対策が提案された。
 - ・対策は次の4項目であった。
 - 1) 井戸による新たな水源の確保
 - 2) 工事用道路の改修による水源確保
 - 3) 西谷池の改修
 - 4) 平成池からの補水施設の隠匿化(消防ポンプがむき出しになっていたもので、小さな小屋を造って隠した方が良いという提案)
 - ・井戸掘りについて5月以降検討会が行われた。
 - ・当初から西の谷の水量不足が予想されており、根本的には井戸を掘って解決するしかないと考えられていた。
 - ・平成池からの給水は続けられていたが、消防ポンプによる給水は必要に応じて行わなければならないために、手間がかかり過ぎたり、休日には給水できないということが生じた。
 - ・このために比較的水量のある平成池から自動的に給水する装置を付けることも検討されたが、

平成池の水質が必ずしも良好でないことから、根本的には深井戸から給水する必要があるということになった。

(2) 湿生植物園井戸掘り必要論報告書の提出

- ・平成5年6月、波田先生から「湿生植物園の水対策について」が提出される。
- ・湿原造成の当初から水量不足が懸念されていたために、深井戸を掘って補充することが望まれていた。
- ・湿原の2年目の状況から考えても、根本的な水対策が必要であることが提案された。

(3) 湿生植物園の水管理報告書の提出

- ・平成5年9月、センター研究員西本・宮下から「湿生植物園の水調査報告書」が提出される。
- ・西の谷の湿原内を流れる水量を雨量とポンプによる給水量との関係から調査し、西の谷に必要な水量は雨量だけではまかなえず、平成池からの水にかなりの量頼っていることが判明した。
- ・しかし、平成池の水量は十分であるが湿原にとっては富栄養なので、極力使わないようにすることが望ましいことが明らかになった。

(4) 井戸掘りのための調査開始

- ・上記の報告書を受けて井戸掘りが必要であることが確認されて、井戸掘りのための準備作業が進められる。
- ・井戸掘りに入る前の段階として、井戸掘りに適した場所探しのための調査が始まった。
- ・第一段階として電気探査等の予備調査に入る。

2. 井戸の整備

検討会を経て井戸掘りが決定し、平成6年から工事にかかった。以下にその整備の経過についてまとめた。

- ・8月から井戸掘り開始(図1⑧)。
- ・10月上旬に井戸から揚水試験を始める。
- ・揚水した水を集めて水質を測定した。
- ・pHは6.5で電気伝導度は69 μ S/cmであった。
- ・井戸水を西谷池に貯めて池の水と混ぜると電気伝導度は45 μ S/cmまで下がった。
- ・揚水試験は10月中旬に終了。
- ・タンクなどの設備を建設する(図1⑨)。
- ・平成6年12月に設備が完成し(写真16)、平成7年1月から揚水を開始する。
- ・1月11日の水質 pH6.1、電気伝導度46 μ S/cmで

あった。

- ・その後井戸水の電気伝導度は50～53 μ S/cmの間で推移す。
- ・井戸水は3つの経路を経て湿原に流れ込むように配管した(図1⑤, ⑪, ⑫)。
- ・井戸水を貯めたタンクからビニルホースを地表面にはわせて2カ所の変換点をつくった(図1⑨, ⑩)。この分岐を経て3カ所から給水できるようにした。
- ・タンクから西谷池の上流部の山中に流す経路とタンクから直接西谷池に流れ込む経路、上記の経路から分岐して、湿原の上部に流れ込む経路をつくった(図1⑬)。
- ・西谷池の上流部の山中に流れるようにパイプから常時流れ込むようにした(写真17)。
- ・山中を流した井戸水を西谷池に貯めると、電気伝導度が10 μ S/cm程度低くなり、湿原には望ましい水質となることが判明した。
- ・このためセンター研究員の西本が「井戸水の使用について」という報告書を作成し、上流部に流した水の使用をお願いした。
- ・この結果井戸水は主として西谷池の上流部に流し、斜面を流れ下るようにした。
- ・西谷池にたまった水の水質は40～45 μ S/cmの間であり、井戸水は直接使うよりは好ましい水質が得られた。

湿原周辺の法面管理

1. 西の谷周辺の草刈り

西の谷は水質を貧栄養な状態に保つために、湿原周辺部で毎年草を刈り、刈った草は持ち出すという作業を行っている。

- ・作業はシルバー人材センターの方の協力を得て行なった。
- ・法面の一部は種子ネットによる緑化により、初期にはヨモギ、オトコヨモギ、イヌヨモギ、カワラヨモギ等が芽生えてきた。
- ・その後ススキ、コマツナギ、ヤハズソウなどが加わった。
- ・メリケンカルカヤも多数生えたために、全面に刈り取りを行った。
- ・西の谷奥の南～西側斜面ではマツの芽生えが多数出てきたため、これを残してほかの樹木や草

を刈り取った(図1⑭)。

- ・マツ枯れにより枯死した後、再びマツ林にもどすために刈り取りを実施した。

2. 東の谷周辺の草刈り

東の谷では平成4年～平成8年までの5年間は、湿原の法面と湿原内部を含めて全面的に刈り取った。その後は法面と湿原の周辺部に限った。

- ・刈り取りの時期は毎年1月～2月に行った。
- ・地元のシルバー人材センターから派遣された10人程度が草刈り機で刈り取った(写真7)。
- ・刈り取った草は全部搬出してもらった。

湿原周辺の森林管理

1. マツ枯れ木の伐採

平成4年以降平成8年まではマツ枯れが目立ち始めたため、被害の拡大を避けるために、枯れたマツを伐採した。平成9年以降枯れるマツが少なくなったことから、被害木が減った。

- ・伐採したマツは、枝を払い、幹は切り倒した場所で2メートルほどの長さに伐って放置した。
- ・作業は専門業者に委託した。

2. 西の谷南側のアカマツ林内の下刈り

平成5年以降、西の谷の南側のアカマツ林内の下刈りをした(写真18)。

- ・アカマツ林内で萌芽したコナラ、ソヨゴ、ヤマウルシなどの低木を刈り取り搬出した。
- ・アカマツの芽生えがかなりあったので、将来もアカマツ林とするために刈り取らないようにして残してもらった。

- ・これらの植物の刈り取り作業は、シルバー人材センターから派遣された方々が草刈り機で行った。

- ・平成8年には例年よりも範囲を広げ、西谷池の上流部まで刈り取った。

- ・平成12年には次第に大きくなったアカマツが目立つようになった(写真19)。

3. 西の谷北側斜面(図1⑮)

平成10年以降、西の谷の北側で湿原と林道との間には高木層にアカマツとコナラが優占する森林が発達している。今後アカマツ林に誘導するために、コナラやソヨゴ等の間引きを行うとともに、下刈りをした。

- ・将来的にアカマツ林として維持することで、湿

原に良好な水環境が保てるようにする目的で、コナラを20本程度間引くとともに、ヒサカキ、ソヨゴ等の常緑低木を除去した(写真20)。

- ・毎年少しずつ刈り取り、急な刈り取りによる裸地化を避けた。

4. 東の谷東斜面(図1⑮)

平成10年以降、東の谷に十分な日照を得る目的で、東側斜面に生育する森林の下刈りを実施した。

- ・ヒサカキ、ソヨゴを中心に刈り取って搬出した。
- ・一度に伐採すると表土が流出するおそれがあるために、高木や落葉性低木は極力残した。
- ・シルバーさんの協力で行った。

湿原内部の攪乱

湿原内部は植物が定着するにしたがって、植物の繁茂した状態が続くようになった。このため湿原内部で適度な攪乱をおこし、陽当たりのいい場所をつくりだし、1年草が生育できる環境を整える必要があった。その方法として攪乱を人が起こす場合とほかの動物が起こす場合が考えられた。

1. 湿原内部に溜まった泥の移動(写真21)

- ・西の谷の湿原内で植物が茂ったため、ミミカキグサなどの小さい植物が光を受けにくくなっていた。
- ・水たまりにたまった泥をバケツですくい取り、湿原内部にまいた。
- ・その部分は泥が草をなぎ倒し、日当たりのいい環境が作り出せた。
- ・水たまりの深さの確保と、伸びすぎた草本類の草丈を押さえるために行った。

2. イノシシによる攪乱(7~8月)

- ・平成9年7~8月、湿原内の一部にイノシシによると見られる堀跡ができた(写真22)。
- ・大きなものだけで17ヶ所できた。
- ・湿原内部から周辺部にかけてカモノハシなど大型の植物が茂った場所を中心に掘り起こされた。
- ・掘り起こされた後には、適当な大きさの水たまりができあがった。
- ・茂りすぎて湿原として良好な状態でなかった場所であったが、攪乱により初期状態にもどり、管理次第では良好な状態にもどることが期待された。

その他の管理

1. 法面の種子散布ネットのはぎ取り

湿原の造成でできた法面の緑化のために張られたビニル製の種子散布ネットをはぎ取った。

- ・作業は、シルバー人材センターより派遣された方々の協力を得て行われた。
- ・緑色のビニル製のネットに和紙に包まれた種子(ススキ、ヨモギ、イヌヨモギ、オトコヨモギ)が張られてあった。
- ・種子が芽生えて成長してきたので、冬になって枯れた状態の時にネットを止めていた釘を抜いてはぎ取った。

2. 雨と湿原内の状態の調査

雨と湿原内の状態の関係を調査した。

- ・雨が降っても西谷池からの水は流している状態を続けている状況下で、雨が適当な量降った後の湿原内の状態を記録した。
- ・雨がやんで1日目は全体に回っており、良好な状態であった。
- ・3日目には湿原内で乾燥した部分ができあがっていく。
- ・5日目には西谷池では水がなくなり、乾燥する部分が拡大していく。水の移動が起こらない池では水がよどみ、アオミドロが発生するようになる。
- ・7日目には乾燥したところでは真砂上の部分が堅くなる。

3. 東の谷の湿原内の表土の除去(写真23)

- ・斜面から落ちてきた落ち葉が貯まって腐植となっていたため、落ち葉を含んだ表土を除去した。

植物の移動

1. ハンノキの移植

- ・コウホネ池、イヌタヌキモ池周辺にサクラバハンノキを移植する(1月下旬)。
- ・イヌタヌキモのすぐ上流側に移植していたサクラバハンノキから稚樹が多数芽生えてきたため、一部をコウホネ池の周辺に移植した。
- ・コウホネ池は周囲をサクラバハンノキに囲まれた池を造ることを目指している。一方、イヌタヌキモ池は上流部にサクラバハンノキがあり、下流部は開けている池を造ることを目指してい

る。

2. クサレダマの移植

- ・西の谷で増えすぎたため、東の谷に50株程度移した。

3. ノハナショウブの移植

- ・イヌタヌキモ池の周辺で生育していたノハナショウブの種子を東の谷にまいた。

池のアオミドロ類の除去

- ・イヌタヌキモ池とコウホネ池および西の谷のたまりにはアオミドロ類が発生するため、適宜除去した。
- ・除去には枝や枯れ草を使い、巻き付けて引っぱり出して湿原の下流の山際に捨てた。
- ・池の内部には秋ごろにアオミドロ類が多数発生してきた。放っておくと次第に池の水面全体に広がり、水中の植物が被害を受けるので除去する必要があった。
- ・除去しきれなかったアオミドロ類が底に沈んで、水生植物の生育を妨げているようであった。

水質の変化

水質調査は湿原の水質管理のため、定期的に定点で行った。調査は平成5年6月25日から始めた。その後8月以降はほぼ月に3～4回記録した。調査時間はいずれも9～10時の間におこなった。調査項目はpH、電気伝導度、溶存酸素、水温で、堀場製の水質チェッカーを使用した。調査ポイントは西の谷に6ヶ所、東の谷に2ヶ所と井戸を加えて合計9ヶ所設定した。

調査結果の一部は西本(1997b)に報告したが、ここでは最も水質管理に重要となった3つのポイント、すなわち、井戸、西谷池、平成池の値についてグラフを作成して変化を示した(図2)。

1993年と1994年は井戸がなかったことから、西谷池と平成池の2ヶ所である。両年とも平成池の水質は55～65 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲で推移した。西谷池へは平成池の水を送って使っていたことから、良好な西谷池本来の水質よりは富栄養に傾く傾向が見られた。多くの降水量が得られる時期には水質は40～45 $\mu\text{S}/\text{cm}$ となったが、平成池からの送水量が増えた場合には55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と高い値を示した。

1994年に井戸が掘られた時、はじめて得られた

井戸水は69 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。このままでは西の谷には使えない水質であった。ところが工事のために掘削された多量の水が西の谷に流れ込んだ結果、西の谷での水質が45 $\mu\text{S}/\text{cm}$ まで低くなることが判明した。この時、井戸水は掘削場所から山中を約50m自然流下して西谷池に溜まっていた。山中に流すことにより水質を下げるができることから、井戸水の排水経路として当初の設計にはなかった山中への経路を設けて、井戸水を山中に放出して自然流下させることにした。その後一定量汲み上げることにより、井戸水の水質は50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 前後となって安定した。また西谷池に溜まった水も水質が井戸水よりも10～15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度下がり、35～40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の安定した良好な水質の水が湿原内に流れる状況になった。

井戸水は1995年1月1日から当時使えるようになったことから、水質調査の結果はこの年の初めから得られた。その後井戸水の値は年間を通じて50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と安定して推移している。1996年以降毎年、夏期に値が上昇するのは、汲み上げ量を通常の10トン/日から3～4倍に増量したことによる。これはセンターで飼育しているタンチョウに冷たい井戸水を供給するために、水温が上昇する昼間に限って汲み上げ量を増やすためである。夏期に降水が少ない年には、この期間が長くなるため、水質の悪化した期間が長期にわたることがあった。しかし、西谷池の水質は直接影響を受けることは必ずしもなかった。1996年から2000年までの5年間の内3カ年は影響なく、40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の値で推移した。これに対して、1996年と1999年の2カ年には7月から水質が上昇して9月一杯までの3ヶ月間にわたり通常よりも10～15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ も高い値を示していた。これは井戸水の水質が上昇したのに伴うものであったが、西谷池の水質も連動して上昇したのは、梅雨の時期に降水量は例年よりも少なかったためと考えられる。夏期の日照時間、日射量ともに高い時期に通常よりも高い値を示したことは、湿原の植物に影響を及ぼしていると考えられた。特に1999年以降、西の谷でカモノハシが著しく生長している様子が観察されており、水質の高い状態が続いたことが原因の一つと思われる。

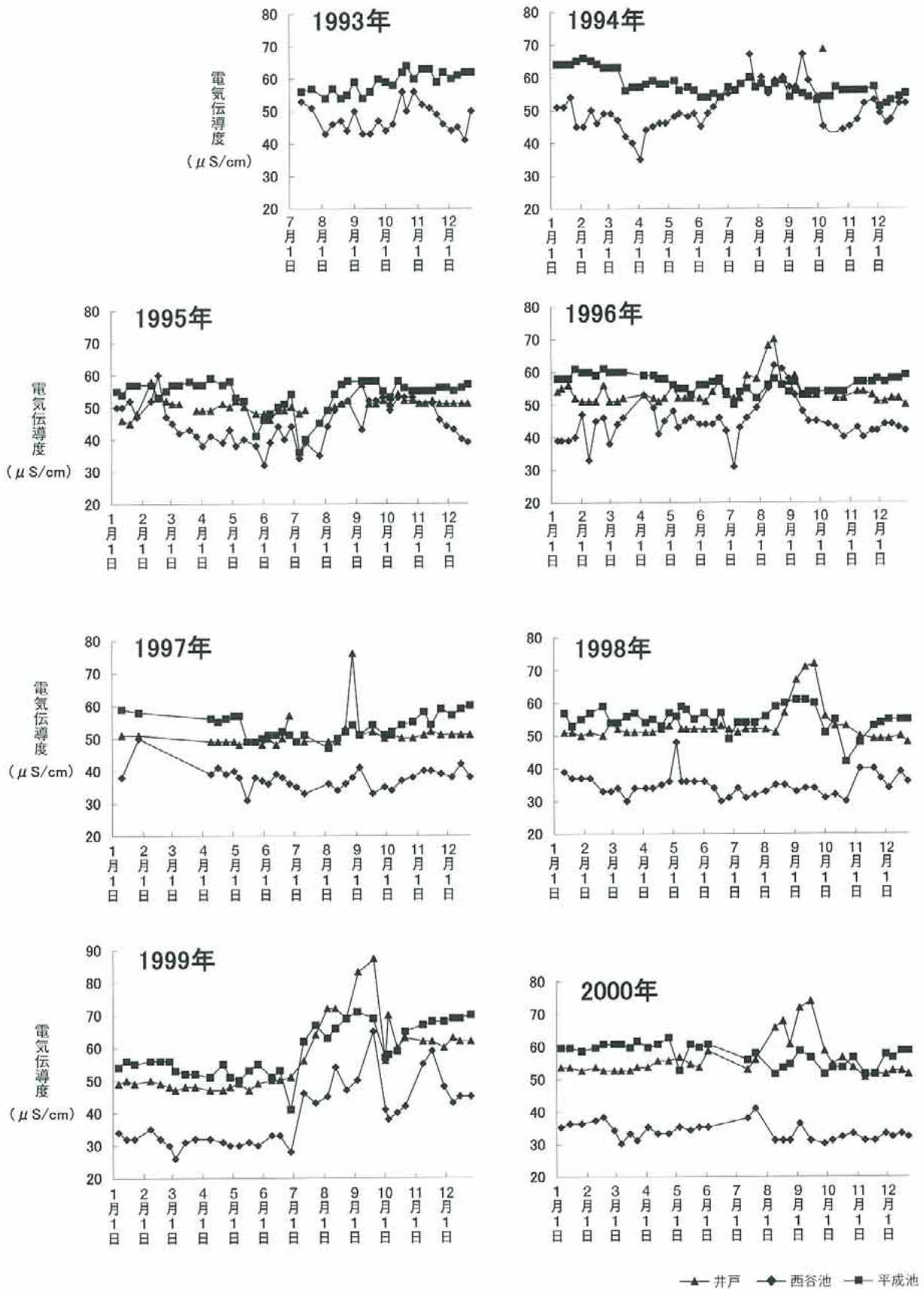


図2. 1993年から2000年までの水質調査結果.

植生変遷

1. 構成種の変化

湿原の植生変遷を記録するため、西の谷に永久調査区を設定して、平成5年から1年おきにモニタリング調査を行った。調査は植生調査法(Braun-Blanquet, 1964; Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974; 鈴木他, 1985)にしたがって行った。3年目、5年目、7年目、9年目の結果はそれぞれ西本ほか(1995)、西本・波田(1996)、西本・波田(1998)、西本・波田(2000)の報告書にまとめられた。

湿原内に設けられた植生調査区の中には、初期には植物がまさ上の上でまばらに生育した調査区(写真24)と流速が極端に遅くなる平坦な調査区(写真25)では、優占する植物が異なるものも見られた。植物がまばらな調査区ではサギソウやモウセンゴケが高い頻度で見られたのに対して(写真26)、平坦地ではチゴザサが繁茂するようになった(写真27)。これは平坦地では流速が遅くなり流れてきた粘土が蓄積して富栄養な状態になったためと考えられる。

サギソウが優占する調査区では、7年目以降、モウセンゴケはほとんど見られなくなり、かわってイヌノハナヒゲ類(イヌノハナヒゲ、コイヌノ

ハナヒゲ、イトイヌノハナヒゲ)が優占するようになった。これに対して、チゴザサが優占した調査区ではトキソウやイヌノハナヒゲ類にかわったものや、カモノハシが優占したり(写真28, 29)、クサレダマが優占するようになった調査区も認められた。また、調査区の中にはフジやヘクソカズラなどのツル植物や木本植物の侵入が見られる調査区もあったり、コアゼガヤツリなどの元々水田に生育する植物などが侵入した調査区も見られたりした。このことから、湿原内には森林への遷移を進める方向と沼沢地への遷移を進める方向へ向けての動きのあることが認められた(西本・波田, 2000)。

得られた植生資料をもとにして移植元と移植後の調査年ごとの比較を行った。出現した植物は生活形に基づいて、一年草、多年草、ツル植物、木本植物に区分し、さらに一年草と多年草は本来湿原に見られるものとそうでないものに区分した。移植元、移植後3年目、5年目、7年目、9年目でそれぞれ出現した植物をこれら6種類に区分して、被度を加味しながら出現割合を算出した。その結果、移植元と移植後に出現種の割合の変化が明らかになった(図3)。

移植元で最も高い割合を示した種群は、80%近くを占めた湿原多年草である。湿原多年草にはサギソウをはじめイヌノハナヒゲ類など湿原を構成する植物が含まれている。これらの植物の推移が、湿原の状態が良好になったかどうかを判定する資料となるとともに、移植元の割合になるようにすることが、移植後の管理上で重要な点となる。

移植後の湿原多年草の推移を見ると、移植後3年目(写真30)には57%まで減少し、さらに5年目(写真31)には52%まで減少したが、7年目(写真32)には増加に転じ、9年目(写真33)には56%まで回復した。湿原多年草の推移からは、移植後9年間の歳月を経ても、移植元の状態にまで至っていないと考えられる。湿原多年草が5年目で最も少なくなり、その後やや増加している事実は現地の観察記録、記録写真などの他の資料からも裏付けられている。今後とも湿原多年草はわずかずつではあるが、増加していくものと予想される。しかし移植後9年目の段階では移植元の割合からは大きくかけ離れているといえる。

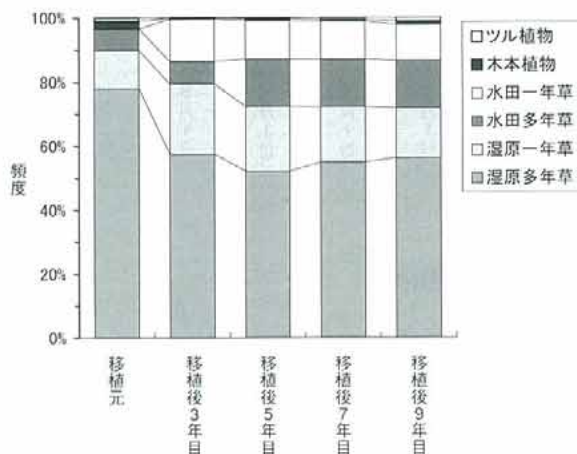


図3. 湿原に生育する植物の9年間の構成割合の変遷。湿原に生育する植物と湿原には本来生育しない植物をそれぞれ一年草と多年草に、さらにツル植物と木本類に区分して、それぞれの出現割合を移植元、移植後3年目、5年目、7年目、9年目で比較した(原図は西本・波田(2000))。

移植後急激に増加したのは一年草である。このうち本来の湿原構成種は移植後3年目には12%から22%と10ポイントも増えた。また、本来の湿原構成種でない一年草は移植元には全くなかったのに13%も占めていた。

移植後5年目に目立って増えたのは水田多年草である。移植元では6%、移植後3年目でも7%だったものが、5年目には15%にまで増加していた。しかし、7年目、9年目といずれもやや減少していることが明らかになった。

全体的には移植後5年目に出現種の割合が湿原本来のものから大きくかけ離れた状態となった。しかし、その後7年目以降は、水田多年草の割合が高い状態になっているものの、水田一年草が9年目には減少をはじめ、湿原の構成種もそれぞれ移植元の割合に向けて変化している傾向が認められるようになってきている。

2. 構成種の増減と管理

以上のように、生育する植物は移植元と比べて変化してきたが、植生の管理と密接なつながりがあるものと思われる。一年草は移植直後の隙間だらけの状況下で増殖したもので、特にイヌノヒゲ類を含む湿原一年草は、移植後にできた裸地では生育地を広げることが可能であった。ところが植物が増えるにしたがって裸地が見られなくなってからはやや減少してきた。今後は湿原多年草の生育地の拡大によって、湿原一年草は今後少しずつ減少するものと予想される。一定の割合が保たれるには、湿原の内部に裸地が生じる必要があるものと考えられる。自然界では定期的な土砂流入、大型獣による攪乱などが起きて、適当な裸地が提供されているものと考えられる。管理下の湿原ではこのような攪乱は起こりにくく、人工的に裸地を作り出す必要があると考えられる。人為的な攪乱としては、下流部のたまりの粘土を上流部の湿原に流すことによって植物をなぎ倒し、新しい生育地を確保したり、カモノハシなどが密生した場所では、植生をはぎ取ってイヌノハナヒゲ類の再移植するなどの対策を立てている。また、自然界からの攪乱ではイノシシによるものも起きている(写真34)。イノシシによる攪乱は7年目の平成9年夏期に始まり、その後毎年湿原内のどこかで起きている(写真34)。

本来湿原には生育しない多年草は、除草の対象となる植物であるが、5年日以降一定の割合で推移している。ヤハズソウ、メリケンカルカヤなどが含まれるこうした多年草は、草抜き管理を怠れば、これ以上に増えることが予想される。この割合が保たれていることは、こうした管理が効果を見せているものと考えられる。

さらに、ツル植物(ヘクソカズラ、ミヤコイバラなど)や木本植物(イヌツゲなど)は移植元ではわずかには出現していたが、移植後3年目には見られなかった。その後5年日以降少しずつ増加してきた。これらの植物は今後とも増加していくと予想され、湿原の乾燥の原因となるおそれがあるが、水質の管理が良好であれば、移植元以上には増加しないで安定すると予想される。

まとめ

1. 岡山県自然保護センターの湿生植物園は、それまでたんぼだった場所に新たに湿原をつくったものである。湿原として長期間維持できるように基本設計、地形造成、基盤地形の整備が行われ、ゴルフ場として開発された敷地内にあった湿原植生をはぎ取って、湿生植物が移植された。
2. 完成後から湿原として長期にわたり維持できるようにさまざまな管理が行われてきた。その内容は雑草の除去、水の管理、湿原内部の流路整備、木道の整備、西谷池の管理、井戸掘り、湿原周辺の法面管理、湿原周辺の森林管理、湿原内の攪乱などである。
3. 特に重要だったのは水の管理であった。井戸掘りによって安定した水量と貧栄養な最適な水質が得られるようになってからは、水の管理は順調に進められた。水質の管理のために、定期的に水質調査を実施し、このうち管理に最も参考になったのは電気伝導度の値であった。この値を40 μ S/cm以下に保つことがポイントであった。
4. 定期的に永久方形区で植生のモニタリング調査を実施した。その結果をもとにして、構成種の経年変化を明らかにした。出現した種は生活形をもとに一年草、多年草、ツル植物、木本植物ごとにまとめ、さらに一年草と多年草は本来

湿原に生育するかどうかで二つに区分して、出現頻度を計算した。得られた6つの種群の頻度は移植元、移植後3年目、5年目、7年目、9年目ごとに比較した。その結果、3年目には一年草はいずれも増加したが、5年目からはわずかながら減少した。これに対して多年草は、本来湿原に生育する種類は移植元では80%近くあったが、移植後5年目には50%近くまで減少した後、7年目からは増加に転じてわずかながら増える傾向が見られるようになった。本来湿原に生育しない多年草は、5年目に増加し7年目からはわずかであるが減少した。また、林縁部で生育しているツル植物や木本植物は、7年目からはわずかに増加したことが明らかになった。

5. 今後植生を管理していく上では、水質を貧栄養な状態で安定させることが重要であるとともに、雑草の除去や適度な攪乱によって多様な段階の植生が生じるように配慮していくことが望まれる。特に攪乱ではイノシシの果たす役割が大きいと期待される。

引用文献

- Braun-Blanquet, J., 1964. Pflanzensozioecologie. 3. Aufl. 865pp. Springer-Verlag, Wien.
- 波田善夫・西本 孝・光本信治, 1995. 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. 岡山県自然保護センター研究報告(3): 41-56.
- Mueller-Dombois, D & Ellenberg, H., 1974. Ais and methods of vegetation ecology. 547pp. John Wiley & Sons, New York.
- 西本 孝, 1994. 岡山県自然保護センターの植生概要. 岡山県自然保護センター研究報告(2): 1-12.
- 西本 孝, 1995. 岡山県自然保護センター湿生植物園2. 開設から3年目までの管理. 岡山県自然保護センター研究報告(3): 57-66.
- 西本 孝, 1997 a. 岡山県自然保護センター湿生植物園3. 設立後4年目から6年目までの管理. 岡山県自然保護センター研究報告(5): 43-51.
- 西本 孝, 1997 b. 岡山県自然保護センター湿生植物園4. 水質調査記録. 岡山県自然保護センター研究報告(5): 53-70.
- 西本 孝, 2000. 岡山県自然保護センター湿生植物園5. 設立後7年目から9年目までの管理. 岡山県自然保護センター研究報告(8): 47-57.
- 西本 孝・波田善夫, 1996. 岡山県自然保護センターの湿生植物園の植生2. 移植後5年間の植生変遷. 岡山県自然保護センター研究報告(4): 39-50.
- 西本 孝・波田善夫, 1998. 岡山県自然保護センターの湿生植物園の植生3. 移植後7年目の植生. 岡山県自然保護センター研究報告(6): 15-28.
- 西本 孝・波田善夫, 2000. 岡山県自然保護センターの湿生植物園の植生4. 移植後9年目の植生. 岡山県自然保護センター研究報告(8): 11-24.
- 西本 孝・宮下和之・波田善夫, 1995. 岡山県自然保護センターの湿生植物園の植生1. 移植後3年目の植生. 岡山県自然保護センター研究報告(3): 11-22.
- 鈴木兵二・伊藤秀三・豊原源太郎, 1985. 植生調査法Ⅱ—植物社会学的研究方法—, 190pp. 共立出版, 東京.



写真1. 西の谷の上流部に昔からあったため池
(西の谷池) (1991.5.29).



写真4. 完成した当時の湿原の様子 (1991.5.14).

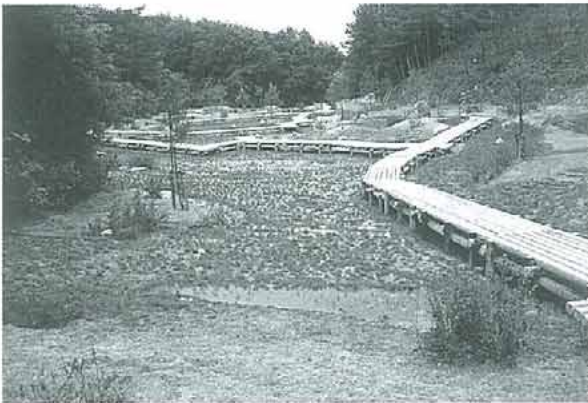


写真2. 湿原面を緩傾斜になるように造成した
(1991.7).



写真5. 西の谷でのボランティアによる除草作業
(1998.10.1).



写真3. 水の流れが緩やかになるように「うろこ
形」に苗を配列させた(1991.5.21).



写真6. 除去された雑草 (1998.9.18).



写真7. 東の谷でのシルバーによる除草作業 (1996.12.25).



写真10. 西の谷での新たな流路確保. 乾燥しやすい部分に流路を新設する (1997.4.11).

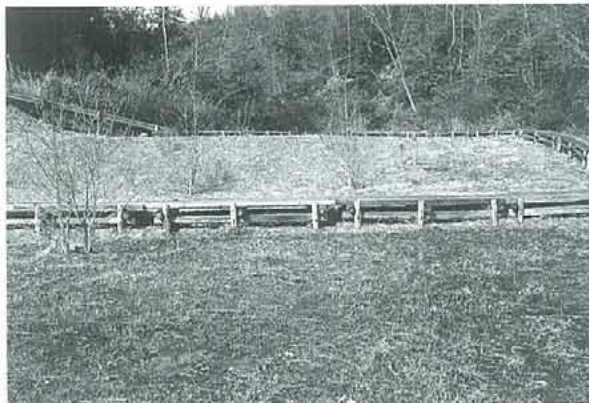


写真8. 全面刈り取り後の東の谷 (1996.3.20).



写真11. 痛んできた木道. 折れて浮き上がってくることもあった (1995.3.5).



写真9. 西の谷での流路整備. 土砂で埋まった部分をうろこ形植栽で修理 (1998.4.10).



写真12. 木道の修理. 立入禁止にして工事を進めた (1997.3.6).



写真13. 木道の修理が終了した(1997.5.12).



写真16. 完成した井戸の付帯設備. 汲み上げた水を一時貯蔵する容量の5トンのタンクと汲み上げを管理する分電盤(1995.2.16).



写真14. 木道の下に新たに入れたまさ土が雨で流された(1998.2.27).



写真17. 井戸水を山中に流す経路の出口(1995.2.16).



写真15. 西谷池の修理後, 新たに設置された樋(1997.2.10).



写真18. 西の谷南から西斜面での草刈り作業(1998.2.5).



写真19. 湿原周辺の草刈り地で大きくなってきたアカマツ低木(1998.3.15).



写真22. イノシシによる掘り跡(1997.8.15).



写真20. 西の谷北斜面での下刈り作業(1998.2.25).



写真23. 東の谷の湿原内に溜まった腐植を取り除く(1999.2.8).



写真21. 湿原内の泥の移動(1997.1.18).



写真24. 移植終了直後の湿原内の様子(1991.5.21).



写真25. 移植後1年目の湿原内の様子. ホタルイ
が優勢(1991.9.6).



写真28. 移植後5年目の湿原内の様子. カモノハ
シが繁茂する部分も目立ってきた
(1995.9.25).

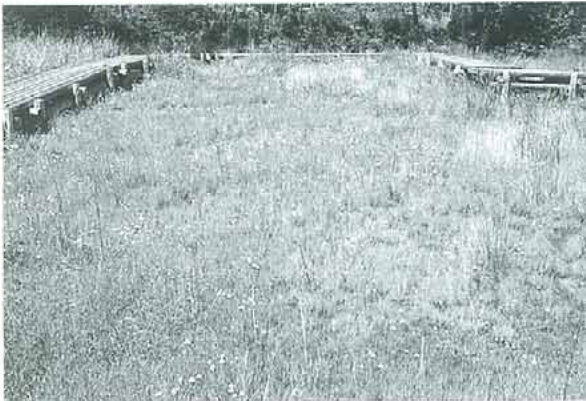


写真26. 移植後3年目の湿原内の様子. サギソウ
やモウセンゴケが優勢(1993.8.22).



写真29. 移植後6年目の湿原内の様子. カモノハ
シやサワヒヨドリなどの高茎草本が多くな
り, サギソウは少なくなった(1996.9.4).



写真27. 移植後5年目の湿原内の様子. チゴザサ
が繁茂する部分が目立つ(1995.7.1).

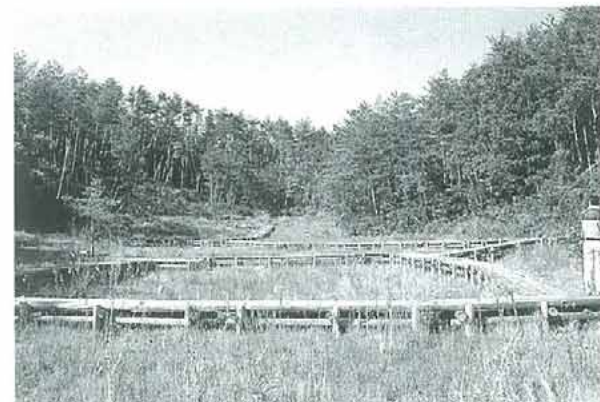


写真30. 移植後3年目の西の谷全景(1993.10.8).



写真31. 移植後5年目の西の谷全景(1995.10.13).



写真33. 移植後9年目の西の谷全景(1999.10.4).



写真32. 移植後7年目の西の谷全景(1997.9.15).



写真34. イノシシの攪乱後数ヶ月経過後の様子(2000.9.20).