J. Jpn. Soc. Soil Phys.
土壌の物理性
No. 103, p. 49～56（2006）

ノハナショウブ群生地の土壌水分の変動について

星　　透*・藤井克己**・倉島栄一**

Change of Soil Moisture in Clustered Field of Wild Iris

Toru HOSHI*, Katsumi FUJII** and Eiichi KURASHIMA**

* United Graduate School of Agriculture, Iwate University, 3-18-8 Ueda, Morioka, Iwate 020-8550, Japan
** Faculty of Agriculture, Iwate University, 3-18-8 Ueda, Morioka, Iwate 020-8550, Japan

Abstract

The main aim of farm-land consolidation projects is to preserve the environment, while keeping high agricultural productivity. In this research, soil moisture of a clustered field of wild iris (*Iris ensata* var. *spontanea*) in Hanamaki, Iwate, was measured to grasp its temporal change, and to consider their relationships with meteorological and hydrological conditions. In this area, the number of flower stalks has decreased remarkably since the farm land consolidation project. The results revealed that the soil at the test site is almost saturated, and the temporal change in shallow soil moisture is larger at the distant point from pond water and a cut-off wall than the near point. Although change of the volumetric water content by precipitation was not significant, its reduction by fall of pond water level was clear. Thus, it was suggested that a moderate change in soil moisture between drying and wetting is essential for the growth of wild iris and environmental preservation.

Key words : Farm land consolidation project, Measure against environmental preservation, Clustered field of wild iris, Soil moisture

1. はじめに

圃場整備事業は，これまで農業生産性の向上や農村地域における生活環境改善のために大きく貢献してきた。しかし，これら事業による整備の進展・進捗に伴い，多くの便益をもたらす一方で，周辺の自然環境に大きな変化をもたらすこととなり，環境保全対策の必要性が提案されている（長利・奥島，2003）。

1935 年に国から天然記念物に指定された岩手県花巻市の「花輪堤ノハナショウブ群生地」では，1993 年度から 1994 年度にわたる周辺の圃場整備事業において，ノハナショウブの生育環境に配慮した保全工法の導入による環境保全対策が講じられた。ノハナショウブは山野の草原や湿原に群生する多年草で，発芽時に適度な湿潤状態を好むことから（牧野，1986），これら保全工法は，止水壁や暗渠排水の設置により，土壌の乾燥化，過湿化を防ぐことを目的としていた。しかし，保全工法にもかかわらず，ノハナショウブ花茎数が保全工事後著しく減少していることが確認されている（工沢地区環境アドバイザリーグループ，2003）。

本報では，圃場整備における植物生態系に配慮した保全工法について参考に供することを目的とし，群生地内の土壌水分動態，およびそれらの気象・水文条件との関わりを把握し，ノハナショウブの生育に好適な土壌水分の条件を検討した。

2. 調査地の概況と調査方法

2.1 調査地の概況

「花輪堤ノハナショウブ群生地」（以下，群生地と表記する）は，北上高地と奥羽山脈東縁の山地に挟まれた，

* 岩手大学大学院連合農学研究科　〒020-8550 盛岡市上田 3-18-8
** 岩手大学農学部　〒020-8550 盛岡市上田 3-18-8
キーワード : 圃場整備事業，環境保全対策，ノハナショウブ群生地，土壌水分

北上川河岸段丘面の金ヶ崎段丘上に開けた水田地帯にある。堤は水田の灌漑用に築立されたもので，図-1に示すように堤内の東部は滞水し西部は湿地となっている。

天然記念物指定当初は，現在の湛水域，湿地帯の他，堤内の土手にはススキが繁茂し，北東部にはアカマツ林が見られた。また，堤周辺は北西～西～南西側が草生地，南側が原野，南東～東～北東側が水田となっていた（飯泉ら，1984）。

1992年から1997年に行われた群生地周辺の圃場整備事業では，本堤に群生する湿性植物であるノハナショウブの生育環境に配慮した環境保全対策を講じた。保全対策は，地下水位の低下を抑制するため，①圃場整備後に地域の田面標高が整備前より低下しないこと，②群生地周辺の排水路の掘削深を出来るだけ浅くし，水位を高く保つようにすることである。また，保全工法として，群生地内の地下水位を維持するため，止水壁が群生地の南北に設けられた。さらに，過湿対策として，群生地内に暗渠排水管を埋設すると共に，過乾時に地下水を涵養するため，地下給水管が敷設された。

圃場整備事業以降の堤内の水位調整は，東側に設置された斜樋ゲートの操作による管理指針が定められ，多雨時にのみ適宜排水される。しかし，地下に埋設された給排水管については，老朽化が著しく現在機能していない。また，これらを地下水位調整施設として利用するには，改修するなど対策が必要である。

2.2　土壌水分の調査方法

群生地西側湿地帯に静電容量式土壌水分センサー（ECH_2O プローブ，Decagon社製）を図-1のA～H地点に示した8地点に，12.5 cm「浅」，25 cm「中」，50 cm「深」の深さに埋設し，データロガーにより収録した。X字の中心にはデータロガーを設置し，B地点から水際までは約18 m，北側止水壁まで約15 m，H地点から水際までは約19 m，南側止水壁まで約27 mであり，BとD地点間，FとH地点間は約17 mである。

本土壌水分センサーは幅3.17 cm，長さ25.4 cm，厚さ1.5 mmの短冊状で，高周波電圧の入力に対し，センサー周囲媒体の誘電率（空気の誘電率を1とすると，土壌無機物中での値は4で，水中では80となる。）に応じた電圧を出力し，この誘電率の大小で体積含水率を測定するものである。

センサーの仕様書（Decagon，2003）には媒体の温度変化により，出力値が最大で4.3 mV/℃ほど変動するとされている。しかし，本調査地は湿地のため高含水率で比熱が高く，地中の温度変化の振幅は小さくほぼ一定で，センサー出力値の日変化が±5 mV程度であることから，当日正午のデータを日代表値として用いた。

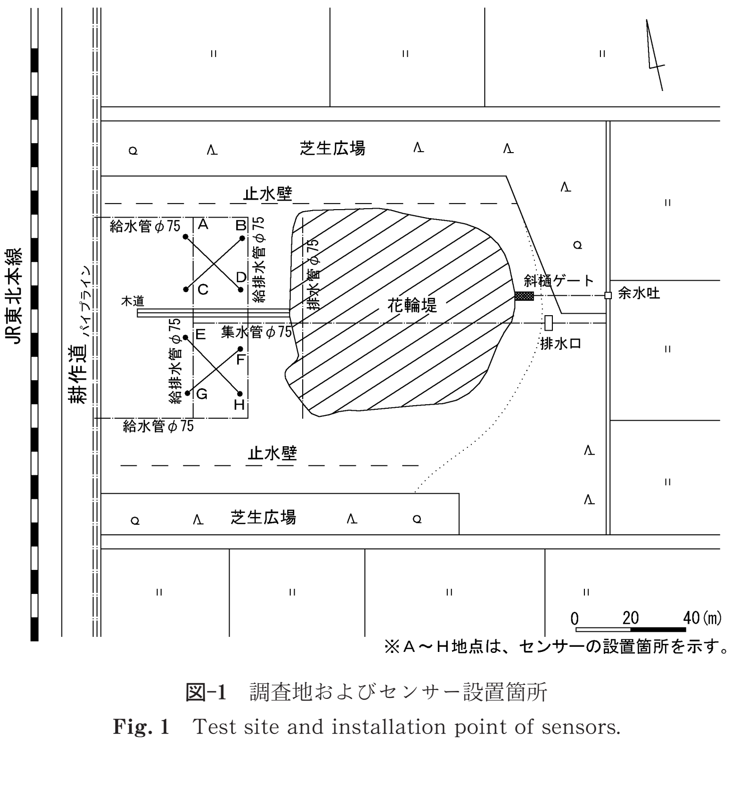


図-1　調査地およびセンサー設置箇所

Fig. 1　Test site and installation point of sensors.

センサーの仕様書によれば，体積含水率θ（$m^3\,m^{-3}$）は，次の(1)式で示されているが，土壌試料ごとにキャリブレーションが必要であるという指摘もある（Boobie and Robert, 2003）。

$$\theta = 6.95\times10^{-4}\times V - 0.290 \tag{1}$$

本調査では，調査地の撹乱試料を角型サンプラー（7×7×20 cm）に充填してセンサーを挿入し，乾燥過程での体積含水率とセンサー出力値からθ-V関係式を求め，現地データの変換に用いた。例として20 cm以深土壌での変換式を図-2に示す。また，同図には仕様書における実験式〔(1)式〕をあわせて示した。両者の違いは明瞭であり，対象土壌での(1)式を適応することは出来ないと判断し，試験地土壌の土質により区分される深さごとに体積含水率の変換式を求めた。

2.3　群生地土壌の調査方法

群生地の土壌物理性を把握するため，図-1のE地点近傍で土質調査と土壌試料採取を行った。試料採取は，撹乱試料は，直接ビニール袋にとり，不撹乱試料は円筒サンプラー（100 cm^3）により行った。土壌三相は土粒子の密度試験，飽和透水係数は変水位透水試験，水分保持能は保水性試験（水頭法，遠心法）により求めた。撹乱試料は，円筒サンプラーに充填し直して行った。なお，各土層の評価は，土質工学会法または農学会法により区分し，触感法により分類した。

3.　結果と考察

3.1　湿地土壌の土壌物理性の特性

堤内の土壌は，段丘上部の粘質な洪積世堆積物と，そ

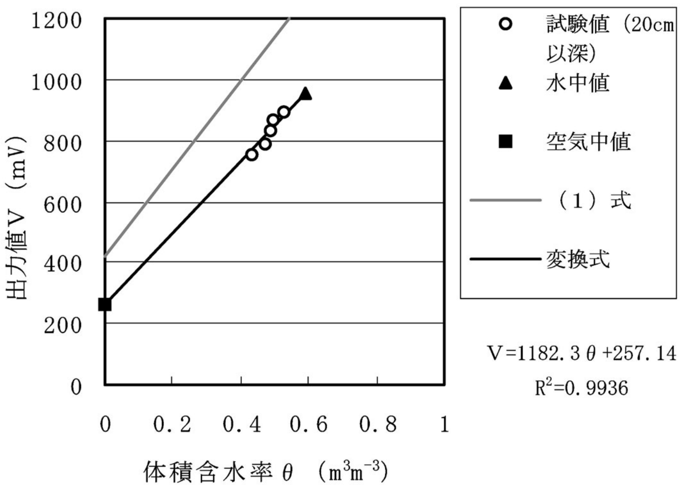


図-2　センサー出力値と体積含水率の直線回帰（20 cm以深）

Fig. 2　Linear regression between output of sensor and volumetric water content (depth of 20 cm or more).

表-1　現地土壌の物理的性質

Table 1　Physical properties of field soil

層位	深さ (cm)	土壌三相 ($m^3\,m^{-3}$) 不撹乱土			体積含水率 ($m^3\,m^{-3}$) 不撹乱土						飽和透水係数 ($cm\,s^{-1}$) 撹乱土
		固相	液相	気相	1.0×10^{0} -kPa	4.0×10^{0} -kPa	1.6×10^{1} -kPa	1.0×10^{2} -kPa	3.2×10^{4} -kPa	1.0×10^{6} -kPa	
A	5-10	0.361	0.601	0.039	0.596	0.583	0.528	0.514	0.221	0	1.0×10^{-8}
B	10-20	0.413	0.546	0.041	0.543	0.536	0.508	0.501	0.204	0	3.0×10^{-7}
ⅡA	20-	0.415	0.532	0.053	0.524	0.515	0.492	0.485	0.205	0	1.8×10^{-7}

の不透水層の上に集積した，火山灰を母材とする有機物に富む土層からなる土壌である。表層には火山灰が含まれている。土壌物理性の分析結果を表–1 に示す。地表から 5〜10 cm の表層（A 層）は，腐植にすこぶる富む有機質火山灰土で，固相率（36.1%）と液相率（60.1%）はやや大きい。10〜20 cm 層は，腐植に富む火山灰質粘性土で，20 cm 以深は火山灰質粘性土となり，固相率が 42%，液相率 53% と大きい傾向である。固相と液相の割合が多いことから，透水係数はいずれの層も小さい特徴がある。また，土壌断面調査では，1〜2 層が根域と判断され，ノハナショウブの根系は 20 cm まで，地下水位もこれと同じ深さに確認された。

3. 2 土壌水分の年変動

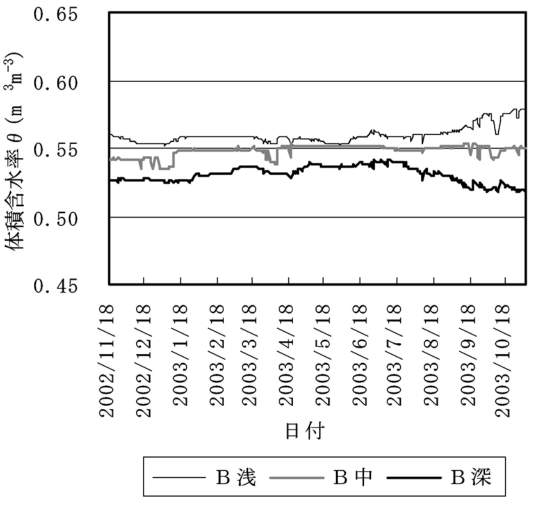
一年を通じて測定を続行できたセンサーは，A 中・A 深，B 浅・B 中・B 深，C 中，D 中，及び E 浅・E 中，F 深，G 中，H 浅の計 12 本であり，これらから体積含水率の変動を考察する。

唯一 3 深度すべてでデータがとれた B 地点について「浅」,「中」,「深」の体積含水率の大小関係を見ると（図–3），「浅」 が深度ごとの 3 データの中で大きい値を示した。また，この傾向は計測中断となった他の地点データすべてに見られた。各地点標高は，A：95.354 m，B：95.394 m，C：95.217 m，D：95.216 m，E：95.338 m，F：95.129 m，G：95.377 m，H：95.164 m である。これによると，地表面は B から D へ，E，G から F へ 1% 程度の勾配であり，表面水の流出が起きるほどの大きさではない。したがって，地表面付近は降水による溜水の影響を受け易く，飽和に近い状態にあり，体積含水率が高く推移していると考えられる。

年変動について，年間を通じた体積含水率の最高値と最小値の差をもって評価すると，深度 25 cm「中」以浅では，A〜C 地点の深度「中」を例として図–4 に示すように，C 中で最も大きく 9.6%，B 中で最も小さく 2% の変動幅が見られた。また，その他についても例示しないが，E 浅で 7.7%，H 中では 2% の変動幅が確認された。池水面及び止水壁から遠い C，E 地点では比較的変動幅が大きく，それらに近い B，H 地点で小さい傾向が示されることから，これらは池水面と止水壁の距離が土壌の体積含水率変化に影響をもたらしていることを示唆している。なお，深度 25 cm「中」以浅はノハナショウブ根圏の支配深さに相当し，生育に影響を与える深さである。一方，深度 50 cm の「深」では，A〜C 地点の深度「深」を例として図–5 に示すように，体積含水率の変動幅が 2% 程度と小さく，地下水の影響により飽和に近い状態にあると考えられる。

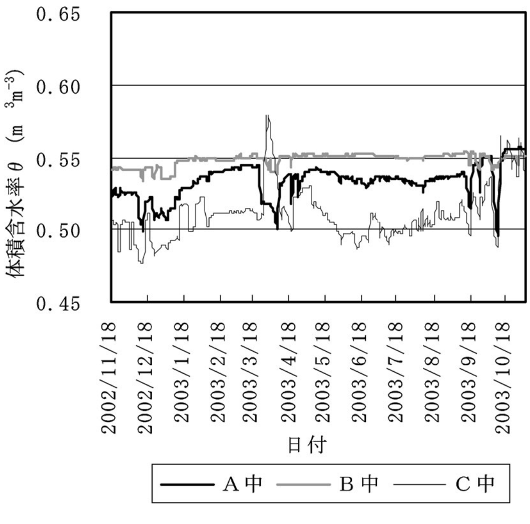
3. 3 降雨および池水位と土壌水分

降雨などの気象条件が，体積含水率の変動に与える影響について，倉島ら（2005）による降水量と池水位（水位観測点における実測水深）の計測データをもとに，その関連性について検討する。降水量と池水位の年変動において，図–6 に示すように積雪期に両者に明瞭な相関はみられず，4 月以降，特に 6 月に顕著な相関が観察された。そこで，検討する対象時期として，降水量の多い梅



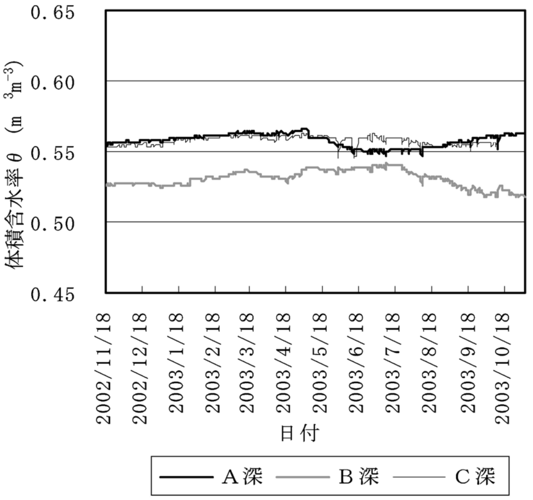
図–3 一年を通じた体積含水率の変化（B 地点）

Fig. 3 Change of volumetric water content through one year (B point).



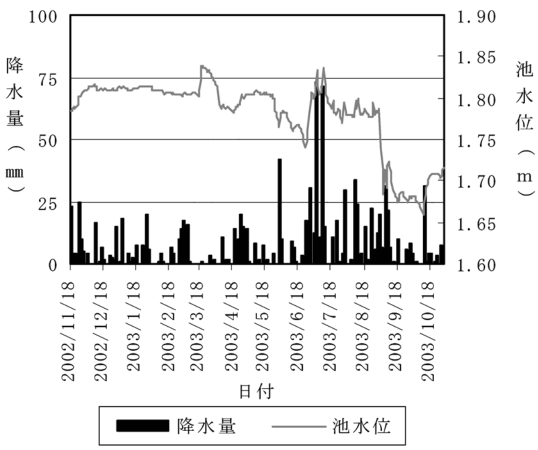
図–4 一年を通じた体積含水率の変化（A〜C 地点深度「中」）

Fig. 4 Change of volumetric water content through one year (middle of A-C point).



図–5　一年を通じた体積含水率の変化（A〜C 地点深度「深」）

Fig. 5　Change of volumetric water content through one year (deep of A-C point).

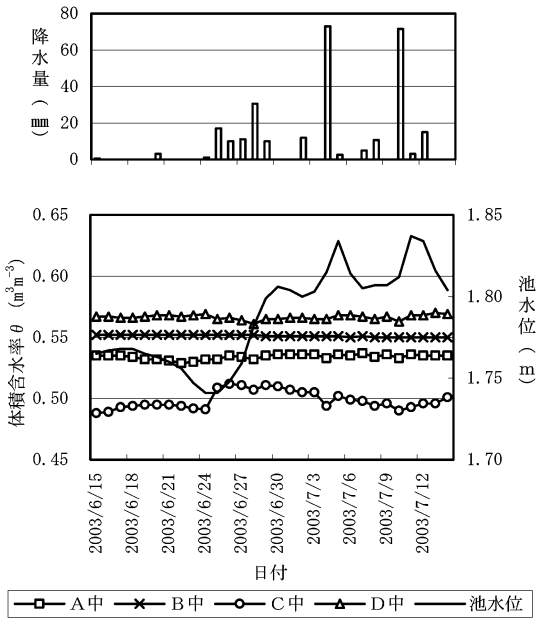


図–6　一年を通じた降水量と池水位の関係

Fig. 6　Relation between precipitation and pond water level through one year.

雨期（6 月 15 日〜7 月 14 日）と人為的に池水位を 10 cm 程度下げた 9 月 1 日の前後 40 日間の 2 つの期間を選定した。

梅雨期における体積含水率と池水位，降水量の関係を A〜D 地点深度「中」を例として図–7 に示す。6 月 28 日の降水量 31 mm に対し，翌日に池水位が 17 mm 上昇している。このような現象は，7 月 4 日，10 日の降雨時にも見られ，4 日の降水量 73 mm，10 日の降水量 72 mm に対し，それぞれ翌日に池水位が 19 mm，25 mm 上昇している。これらにより，日降水量が 30 mm を超えるような場合，1 回の降水により池水位が 1 日ほどの時間の遅れを伴いながら，降水量の 1/2〜1/3 ほど上昇することがわかる。一方，この時期の体積含水率の変化は，無視できるほど小さなものであり，降雨に対してほとんど反応していない。期間の総降雨量 275.5 mm に対して，池水位が 10 cm 近く上昇していることと比較すれば，現地の土壌はほぼ水で飽和しており，強い降雨に対して体積含水率の変化は鈍いことがわかる。



図–7　梅雨期における体積含水率と池水位，降水量の関係（A〜D 地点深度「中」）

Fig. 7　Relation between volumetric water content and pond water level, precipitation during rainy season (middle of A-D point).

人為的に池水位を低下させた 9 月における体積含水率と池水位，降水量の関係を A〜D 地点深度「中」を例として図–8 に示す。このうち，体積含水率と池水位の関係をみると，9 月 1 日の池水位低下後，降雨により水位は一旦やや上昇したが，10 日ほど遅れて 9 月 11 日以降 C 中が低下し始め，以後 10 日間ほど減少し続ける。この期間の体積含水率の減少量は 2% 程度である。C 中低下後，数日遅れる形で D 中も低下し始め，減少期間は 5 日間，減少量は同様に 2% 程度である。さらに，A 中，B 中でも減少量は 1% 程度ではあるが，D 中と同じ挙動を示

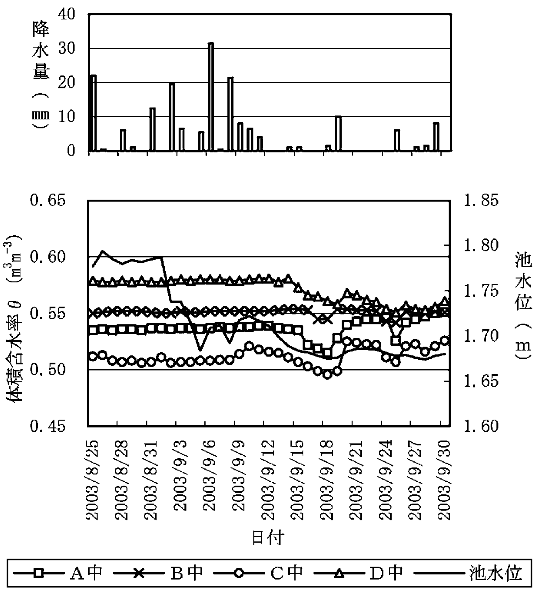


図-8 9 月における体積含水率と池水位，降水量の関係（A〜D 地点深度「中」）

Fig. 8 Relation between volumetric water content and pond water level, precipitation in September (middle of A-D point).

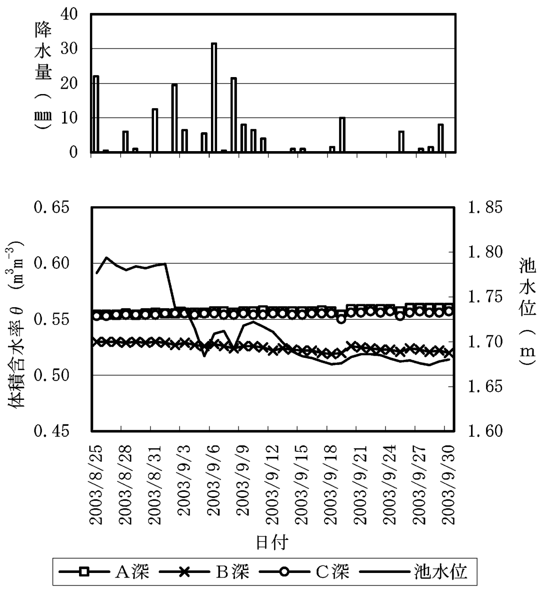


図-9 9 月における体積含水率と池水位，降水量の関係（A〜C 地点深度「深」）

Fig. 9 Relation between volumetric water content and pond water level, precipitation in September (deep of A-C point).

す。池水位低下後の水位標高は，各地点深度「中」の標高に相当する。したがって，これらの現象は地下水位の低下によるものと考えられ，一定以上（10 cm 以上）の減少により深度「中」の体積含水率は顕著に変化することが示された。池水位低下後から 10〜15 日間後に現れる反応の遅れは，現地土壌の飽和透水係数が 10^{-7} cm/sec オーダーと非常に低いことに起因すると推測される。よって，9 月 19，25 日に見られる体積含水率が増加する現象は，9 月 6，8 日の 20 mm を超す日降水量の影響と考えられる。また，池水面からの距離の異なる地点間において，池水面より遠い C 中の低下が D 中より早いことから，局部的な土壌水分の移動経路，いわゆる水みちの存在が示唆される。

一方，各地点「深」においては，A〜C 地点深度「深」を例として図-9 に示されるように連動した動きはほとんど見られない。池水位が 10 cm 未満で変動している自然状態では，比較的変動に敏感な一部の地点を除いて，体積含水率に降雨，池水位に伴う大きな変動はない。

3.4 ノハナショウブの生育（花茎数）と土壌水分

各地点の体積含水率とノハナショウブ花茎数との関係を考察する。図-10 に示したノハナショウブ花茎数分布（工沢地区環境アドバイザリーグループ，2003）と土壌水分の測定箇所を照合すると，池水面及び止水壁から遠い C, E 地点は花茎数が多く，一方，池付近の B, D, F, H 地点は花茎数が少ないことがわかる。更に同図に示された 1983 年と 2003 年の花茎数を比較すると，水際付近での大幅な減少が認められる。全体の減少が確認され始めたのは保全工事後であり，工事後から現在にわたり，ノハナショウブの植生域は池面積の広がりに伴い水際が 28 m 程度群生地に迫ってきた。池面積の広がりは，表面溜水と過湿な土壌水分域の広がりを意味し，これらは，ノハナショウブの生育には好適ではないことを示唆している。また，減少が認められない植生域中央部は，センサー設置地点 C, E 地点にあたり，年間を通したノハナショウブ根圏深さの土壌水分変動幅が比較的大きい地点である。

ノハナショウブ生育環境に関する要因として，土壌水分の変動を捉えた場合，土壌水分の変動がノハナショウブの生育に影響する時期について議論する余地はあるが，ノハナショウブの生育には年間を通した根圏における土壌水分（体積含水率）の変動幅 7〜9% という乾湿の変化が望ましいと推測される。

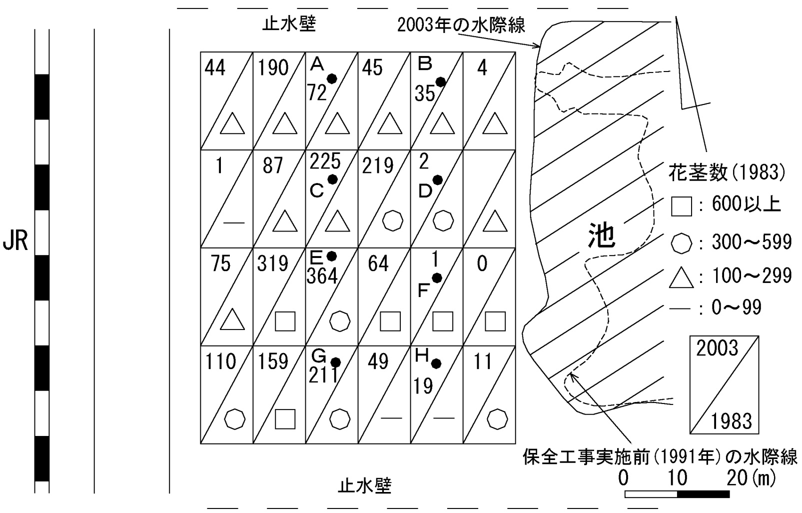


図-10　ノハナショウブ花茎数の比較

Fig. 10　Comparison of number of flower stalks of wild iris.

4.　おわりに

今日の農業農村整備事業における環境保全対策は，農業の生産性を高く維持しつつ環境保全を共存させることを目的とする。ただし環境，とりわけ植物生態系の場合は，関与する自然要因が多く，そのすべてを言及するには限界がある。

本研究では，計測に使用したセンサー（ECH$_2$O プローブ）の現地土壌に適応した体積含水率への変換式を求めるとともに，体積含水率の時系列変化において，ノハナショウブ群生地内の土壌水分動態の一端を確認した。また，降雨や池水位など土壌水分への強制的なインパクトが激しい事例において，その影響を検討した。これらにより，ノハナショウブ根圏に相当する深度の土壌水分変動は，池水面及び止水壁から遠い地点では，変動幅が大きく，近い地点では小さいことが見いだされた。また，降雨による土壌水分の変化は鈍いが，池水位の一定以上（10 cm 以上）の低下は，10～15 日間の時間の遅れの後，顕著な土壌水分変化となって現れた。また，各土壌水分測定箇所とノハナショウブ花茎数分布を照合することにより，ノハナショウブの生育が良好な箇所ほど期間の土壌水分変動幅が比較的大きいことが示された。このことより，ノハナショウブの生育には土壌水分の停滞状態は好ましくなく，若干とはいえ乾湿変化が望ましいと推測された。

環境保全対策は，その実施例の報告も少ないことから，今後，追跡調査なども含めて多くの事例を蓄積する必要がある。そして，それらが環境保全計画のツールとなることにより，環境との調和に配慮した圃場整備事業につながると考えられる。

謝　辞

本研究の実施に際しては，岩手大学人文社会科学部環境科学課程竹原明秀助教授から開花数データの取りまとめと分析にご教示をいただいた。また，同大学農学部農林環境科学科地域環境デザイン学講座地域環境システム学研究室専攻生の皆様には，現地調査，データ整理にご協力いただいた。記して謝意を表します。

引 用 文 献

Boobie, M. and Robert, J.L. (2003) : Laboratory evaluation of a commercial dielectric soil water sensor. Vadose Zone Journal, **2** : 650–654.

Decagon Devices, Inc (2003) : http : //www.ech2o.com/probes.html.

飯泉　茂・川合　宏・原慶太郎・竹原明秀・加藤紀夫（1984）：花輪堤ノハナショウブ群落に関する調査報告．花巻市文化財調査報告書（第十集），花巻市教育委員会，pp. 6–7.

倉島栄一・星　透・藤井克己・加藤　徹・向井田善朗（2005）：ノハナショウブ群生地の水収支．水文・水資源学会誌，**18**（6）：655–662.

工沢地区環境アドバイザリーグループ（2003）：生態系保全型水田整備推進事業　工沢地区　平成 15 年度

中間報告書．岩手県農林水産部，pp. 7-17.
牧野富太郎（1986）: 原色牧野植物大図鑑．p. 763，北隆館，東京．
長利　洋・奥島修二（2003）: 生態系に配慮した圃場整備技術研究の現状と展開方向．農業土木学会誌，**71**（11）: 981-984.

要　　旨

近年の圃場整備事業の主要な目的は，農業生産性を高く維持しつつ環境を保全することとなっている。本研究では，岩手県花巻市「ノハナショウブ群生地」における土壌の水分動態を把握し，それらの気象・水文条件との関わりを検討するため，現地計測をおこなった。調査地では，圃場整備事業以降，ノハナショウブ花茎数が著しく減少している。現地の土壌は，常に飽和に近い状態で保たれており，浅い土壌における体積含水率の年変動は池水面及び止水壁から遠い地点では変動幅が大きく，近い地点では小さいことが見いだされた。また，降雨による体積含水率の変化は鈍いが，池水位低下による減少は明らかであった。これらにより，ノハナショウブ生育と環境保全には，土壌水分の適度な乾湿の必要性が示唆された。

受稿年月日 : 2005年 8 月19日
受理年月日 : 2006年 3 月15日