

野外フィールドのリモートセンシングと自然環境教育 ()

水田の水質センシング

見上 一幸* ・ 村松 隆* ・ 岩淵 成紀** ・ 國井 恵子**
中澤堅一郎** ・ 加藤 忠*** ・ 斉藤 智****

要旨：学校における環境教育実践のための支援システム構築に向けて、宮城教育大学環境教育実践研究センター「フィールドミュージアム構想」の中の「水田・湿地フィールド」について、水質リモートセンシングおよび画像の情報の提供に向けての実践的研究を行った。具体的には、カメラおよび水質センサーを宮城県南方町の水田に設置し、経時的にデータを環境教育実践研究センター内のサーバーに集め、インターネットによって教育現場へ提供した。リモートセンサーにより計測した項目は、pH、溶存酸素(DO)、水温、電気伝導度、水深、酸化還元電位、塩分濃度である。各計測結果を1時間おきに計測するとともに、水田の映像、水中微小生物調査および採水による水質分析結果などを含めた基礎データの収集を行い、環境教育実践研究センターホームページを通して教育現場に情報提供を行った。また、利用上の問題点を検討するために、実際の授業での利用実践も行った。

キーワード：リモートセンシング、水田、水質、自然環境、野外フィールド

1. はじめに

日本は緑の列島でもあり、水の列島でもある。ここに住む人々の生活に密接に関わる景観が、里山であり水田であるといえよう。日本の全耕地面積のおよそ半分が水田で、その面積は270万 haにもなると聞く。日本の原風景ともいえる水田は、日々の糧である米を生産する場所としてだけでなく、田園の気候や自然に大きな影響を与えていると考えられる。この水田の自然環境を学校の環境教育に教材として用いるために、各環境要因についての基礎データを収集し、リアルタイムでの情報および蓄積したデータの教育現場への提供が重要と考えた。なお、本プロジェクト研究は、環境教育実践研究センターの「フィールドミュージアム構想」の一環として実施されている「水田・湿地フィールド」の研究の一部と位置づけられるものである。フィールドミュージアム構想とは、環境教育実践研究センターが森林や湿地、河川などの自然環境そのものを教材として学校に提供し、環境教育関連の授業に役立てようとするものである。今回、アイガモ農法をはじめ新たな農業の展開をめざして研究努力されている有機物質循環農法研究会東北支部の阿部善文氏の全面的な協力によって、カメラによるリアルタイム画像の収集お

よび水質のリアルタイム・リモートセンシングが可能となった。本研究の大きな特徴は、宮城教育大学環境教育実践研究センターを中心に、仙台市科学館、仙台市立の小中学校、民間企業の研究機関が連携して実施できたことである。

2. コンピュータネットワークの構成とデータの収集記録の方法

農業生産法人板倉農産の水田(宮城県登米郡南方町後屋敷侍井11)に水質センサー(NTT 入出力システム研究所)1台を設置した。本機種のパフォーマンスは、表1に示す通りである。計測項目は水温、pH、水深、酸化還元電位、電気伝導度、溶存酸素、塩分濃度の7項目である。本器を水田に設置し、水質センシングを行った。対象とした水田は、一定時期にアイガモの放鳥による除草を行う水田である。用水路からの水がこの水田に流れ込み、反対側から隣の水田に流れ出る。この流れ出た水の水質を調べるために、隣の水田に排水される場所に穴を掘り、水面から約20cm(水田の水の量により水深は多少変化する)の位置にセンサーを設置した(図1)。

また、水田のようすを教室に伝えるために、この水田のほぼ全体が画面に収まるような位置、す

* 宮城教育大学環境教育実践研究センター、** 仙台市科学館、

*** NTT 入出力システム研究所、**** NTT 宮城支店

なわち板倉農産阿部宅の庭にテレビカメラを設置した(図2、矢印)。使用したカメラは、CCD カラーカメラ MODEL ICD - 845 (池上通信機株式会社)で、撮像素子 1/2 インチ CCD、有効画素数 約38万画素 768(H)×494(V)、解像度 水平 460TV本、垂直 350TV本、標準照度 600Lx、最低照度 2Lx、出力は NTSC 信号で、レンズは PH6 X 8 REA - IA - (6倍 電動ズームレンズ キヤノン)を用いた。カメラは、テレビカメラハ

項目	測定範囲	測定原理
水温	0.0~50℃	白金温度センサ法
水深	0.0~50.0m	圧力センサ法
pH	0~14	ガラス電極法
酸化還元電位	-999~999mV	白金電極法
伝導度	0.0~10.0mS/cm	4端子法
溶存酸素	DO: 0.0~20.0mg/l 飽和%値: 0~200%	膜膜形ガルバニ電池法
塩分濃度	0~10‰	伝導度換算法
サイズ	105 mmφ×595 mmL	
重量	約2 kg	
メモリ容量	約260 KByte	
消費電力	約4W (DC1.2V)	

表1



図1 水田に設置された水質センサー



図2 設置作業終了時のセンサーとカメラ(矢印)

ウジング内に取り付けられ、屋外用パンチルト(電動雲台)上に搭載されている(図2)。このカメラは宮教大環境教育実践研究センターからのリモコン操作により、パンチルト、ズーム、フォーカス、アイリスを自由にコントロールすることができるようになっている。監視用として、24時間連続使用できるように設計されており、本研究では、水質センシングデータおよびカメラ映像を毎時、送信するようにした。

水質および画像データは、図3に示すように ISDN 回線を通じて OCN、SINET、TOPIC を経由して、宮城教育大学環境教育実践研究センター(EEC)内にあるサーバ(図4)に送られた。このサーバを介して、リアルタイムのデータを得られるとともに、蓄積された過去の履歴がインターネットを通して各教育現場に送られ利用できるようになっている。水質センシングおよび映像のデータベースとそれを紹介するためのホームページ

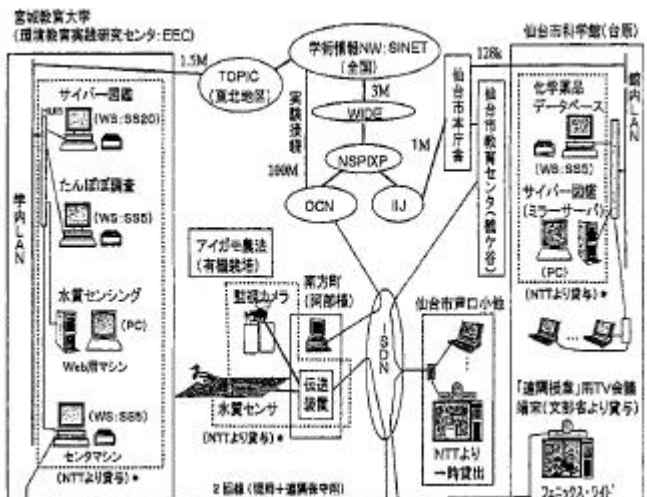


図3 ネットワーク構成



図4 宮城教育大 EEC 内に設置されたサーバ

(<http://rice-eec.ipc.miyakyo-u.ac.jp/>) 中のデータ表示は、宮城教育大学 EEC および仙台市科学館の意見を基に NTT によって設計、作成された。

水田の水質センシングで難しかった点は、溶存酸素を計測するセンサーに取り付けられている透過膜の交換時期を判断することであった。今回は2週間に一度程度の間隔でフィルター交換を行ったが、農作業によっても水質の状態が大きく変わる。

3. 農作業の履歴

今回の調査対象とした水田では、有機農法が行われており、除草剤および農薬は使われていない。水田の水質は、施肥や代掻きなどの農作業によって変わることが考えられる。年間の農作業は下記のようなものであった。

- 1997. 12. 8 ~ 12 米ぬか散布
- 1998. 1. 18 ~ 20 堆肥散布(菌類を含む有機堆肥)
- 1998. 1. 25 ~ 28 プライング(天地返し)
- 1998. 1. 10 ~ 14 ロータリー耕(土を細かく砕き、雑草の種子を埋めて発芽を止める)
- 1998. 3. 10 塩水選(塩水を用いて種子の比重の重いものだけを選別する)
- 1998. 3. 13 ~ 14 温湯処理(種籾の消毒;60分処理後、冷水で処理し、発芽抑制物質を流す)
- 1998. 3. 13 ~ 28 殺菌剤浸漬(HB-101)
- 1998. 3. 28 ~ 30 催芽(水から出して温ため、発芽を促進させる)
- 1998. 4. 1、5、10 播種作業
- 1998. 4. 20 ~ 22 肥料(JT 有機 684、ボカシ肥)散布
- 1998. 4. 23 ~ 27 耕起作業、アイガモの一時放鳥(水温が鳥に低すぎたため上げる)
- (1998. 4. 27 採水による水質調査-1-)
- 1998. 4. 29 ~ 5. 5 代掻作業
- 1998. 5. 1 ~ 14 葉面散布(葉の殺菌、HB-

- 101)
- (1998. 5. 7 第1回 微小生物観察のための採水)
- (採水による 水質調査-2-)
- 1998. 5. ~ 15 田植作業
- 1998. 5. 15 ~ 20 アイガモの一時放鳥(アイガモの幼鳥がまだ小さくカラスの害のため)
- (1998. 5. 18 採水による 水質調査-3-)
- 1998. 5. 20 ~ 25 中耕除草
- 1998. 5. 20 アイガモを入れる
- (1998. 5. 25 第2回 微小生物観察のための採水)
- 1998. 5. 26 ~ 28 ケルパック(776 ウェット、海藻抽出物質)散布
- (梅雨入りに備え稲の体質改善のため)
- 1998. 6. 10 ~ 12 HB-101 流し込み(ドロオイムシ防除のため; 稈の成分であるヒノキチオール等を含む)
- (1998. 6. 11 第3回 微小生物観察のための採水)
- (1998. 6. 11 採水による 水質調査-4-)
- 1998. 6. 20 ~ 25 中耕除草
- 1998. 6. 25 ~ 27 有機バットグアノ
- (1998. 7. 1 採水による 水質調査-5-)
- 1998. 7. 10 ~ 15 HB-101 流し込み
- (1998. 7. 14 採水による 水質調査-6-)
- 1998. 7. 20 ~ 24 有機バットグアノ(グアノリン酸)流し込み
- (1998. 7. 24 第4回 微小生物観察のための採水)
- (1998. 8. 11 採水による 水質調査-7-)
- 1998. 8. 20 アイガモ上げる
- 1998. 8. 21 有機バットグアノ流し込み

4. 微小生物調査結果からの検討

水質のリモートセンシングの結果を総合的に検討するために、本研究では、水中微小生物の調査も併せて行った。5月7日、5月25日、6月11日、7月24日の計4回、センシング対象水田および対照として、アイガモを全く放鳥しない慣行

農法の水田について実施した。調査方法は、それぞれの水田内で、離れた二ヶ所を選定し、常にその場所から採水した。

採集用具としてはガラス管（内径3～4mm、長さ30～50cmの一端にゴム乳頭を付けた）で土の表面から水垢を集めるようにして、それぞれの個所でおよそ20mlを広口瓶に集めた。持ち帰った水は直ちにガラス製ペトリ皿に移し、一晚静置した後に、検鏡した。

検鏡するにあたっては、倒立顕微鏡でペトリ皿の底の微小生物を観察した。対物レンズ20倍、接眼レンズ20倍を用いて、10視野の微小生物の種類及び個体数を計測した。今回は、ミジンコなどペトリ皿の液全体に遊泳している動物は、計測から除いた。

植物性の微小生物の中で、ケイソウ類の数は、5月から6月にかけて多く観察されたが、7月にやや減少がみられた。ネンジュモやユレモなどのシアノバクテリア、アオミドロ・ホシミドロなどの接合藻は5月下旬および6月に多く観察された。特に、アオミドロは、6月の調査時には有性生殖を行い接合子が多く観察された。ボルボックスは水田に出現する代表的な種であるが、4回の調査の際にはみられなかったが、これ以外の時期に観察された。植物性の微小生物全体としては、6月に最も豊かな生物相となった。動物性の微小生物についても全体としては、6月に量および種類の出現が多い。アイガモを放した水田（表2-A）と慣行農法の水田（表2-B）との間で、特に顕著な差は認められなかった。したがって、アイガモ放鳥の影響は大きいとは言えないが、7月24日の結果で、小型無色鞭毛虫、アメーバ、有殻アメーバ、太陽虫、接合藻、ワムシなど、多くの生物種について、Bに比べAが少なかった。これはアイガモの影響かも知れない。一昨年、宮城県大郷町のアイガモ水田での予備調査では、今回よりも多くのアイガモをしかも継続的に放して水は常に土で濁っており、生物相はきわめて貧弱であった。今回の水田では鳥の数も少なく、放す期間も短かったことによる違いなのかも知れない。A、B二つの水田ともに、これまでに調べた慣行農法の宮城県小牛田町の水田（見上・宍戸、1988）と宮

城県名取市の水田（見上他、1992）の結果との著しい差は認められなかった。

表2 観察された主な微小生物の種類と個体数

採集日	5月7日		5月25日		6月11日		7月11日			
	A	B	A	B	A	B	A	B		
光合藻類	ケイソウ	+++	+++	+++	+++	+++	++	++		
	ランソウ	+	0	+	+	+++	+++	0	0	
	ミカヅキモ	±	0	+	0	0	+	0	±	
	イカダモ	+	0	0	0	0	0	0	0	
	アオミドロ類	+	0	+	++	±	+++	0	+	
	ツツキモ	0	0	0	0	±	0	±	0	
	クンショウモ	0	0	0	0	0	±	±	0	
	アントフィス	+	0	0	0	0	0	0	0	
	ミドリムシ	0	0	0	±	+	±	±	+	
	バンドリナ	0	0	0	±	0	0	0	0	
非光合藻類	シヌラ	±	0	0	±	0	0	0	0	
	小型無色鞭毛虫	+	0	++	++	++	++	±	++	
	アメーバ	+	0	+	+	±	+	0	+	
	有殻アメーバ	0	±	+	+	+	+	0	+	
	タイヨウチュウ	0	0	+	0	+	0	0	+	
	接合藻	ツリガネムシ	+	0	+	+	0	0	0	0
		ラップムシ	0	0	0	0	0	+	0	0
		ハルテリア	±	0	±	±	+	±	+	+
		下毛類	±	0	±	+	0	+	0	0
		コレプス	+	0	0	±	+	+	0	+
動物性	リオノーツス	±	0	0	±	0	0	0	0	
	小型鞭毛虫	0	±	±	+	++	+	+	0	
	ワムシ	±	0	+	+	+	+	0	+	
	小型プラナリア	0	0	0	0	0	+	±	0	
	センチュウ	±	0	0	0	0	0	0	0	
イタチムシ	±	0	0	±	0	±	0	±		
原始ミミズ	0	0	0	±	+	±	0	0		

顕微鏡の視野（対物x20、接眼x20）の平均個体数が100以上のとき++、10以上100以下のとき+、1以上10以下のとき±、1以下のとき±、全く観察されなかったとき0という表示にした。

5. 水質センシング

リモートセンサーにより計測した項目は、pH、溶存酸素(DO)、水温、電気伝導度、水深、酸化還元電位、塩分濃度で、各計測結果を1時間おきに宮城教育大学EEC内に設置したサーバに送られた。なお、リモートセンサーによる計測が一ヶ所であることから、計測結果を補完し確認するために、水田の入口、および出口について、農作業の履歴で示した時期に採水による水質検査も行われた。

1) 水田水質の1日の変化

リモートセンシングにより送られたデータから、水田の水質について以下の事柄が明らかになった。

(1) 水温

5月のデータから、水温は、夜明け後1～2時間から上昇を始め、午後3時頃に最高となるが、その後は緩やかに低下傾向を示す(図5)。そして翌日の夜明け直後に最低となる。この変化は日照によるものと考えられる。日が差しても、すぐには水温上昇にならず、水が温まるまでに時間がかかること、また、一度温められた水がゆっくり冷めるようすが、生徒にはよくわかると思う。今回の調査で1日の日照時間や照度が計測されていれば、教室で水温の問題を考えるのにも有効であると思われる。また、同時に気温の変化も併せて記録できれば水田の水温変化との比較検討するためのよい教育素材が提供できると思われる。

(2) pH

pH変化を見ると、夜明け頃から午前9時頃までは、pHは6.6程度で微酸性を示すが、午前9時からpHが次第に増加し、昼頃にはアルカリ性に転じ、午後3時頃に最大値(pH=8.4)を記録した。その後は徐々に減少し、翌日の夜明け前までに元の微酸性(pH=6.6)に戻った。この変化は、次の

ように説明できる。水田水中では、植物性の水性生物が太陽光を用いて光合成を行っている。光合成には、周囲の二酸化炭素(水中では炭酸イオンと平衡系にある遊離二酸化炭素)が使われるために、水中では酸性の炭酸イオンが減少する。水田水中にはナトリウムイオンなどのアルカリ金属イオン、アルカリ土類金属イオンが含まれていると考えられるので、光合成により二酸化炭素が自然の溶解速度を越えて、短時間に消費されると一時的にpHがアルカリ性になると考えられる。植物の光合成により、水のpHが酸性から中性、さらにアルカリ性になることは、実験室での結果としては得られている(片山、私信)。アオミドロなどの水田の生物を用いて、いろいろ水質の異なる水中での光合成実験ができれば、@KNpH@KN変化との関連で興味深い実験教材になると思われる。

(3) 溶存酸素量

溶存酸素量の変化を見ると、溶存酸素量が夜間では少なく、昼間で多くなるのが分かる。この変化は、水生生物による光合成と呼吸によるものと考えられる。すなわち、昼間、光合成により放出される酸素によって溶存酸素量が増加し、夜間は、呼吸によって溶存酸素が減少する。例えば、5月21日の場合、午前11時頃(水温28)に

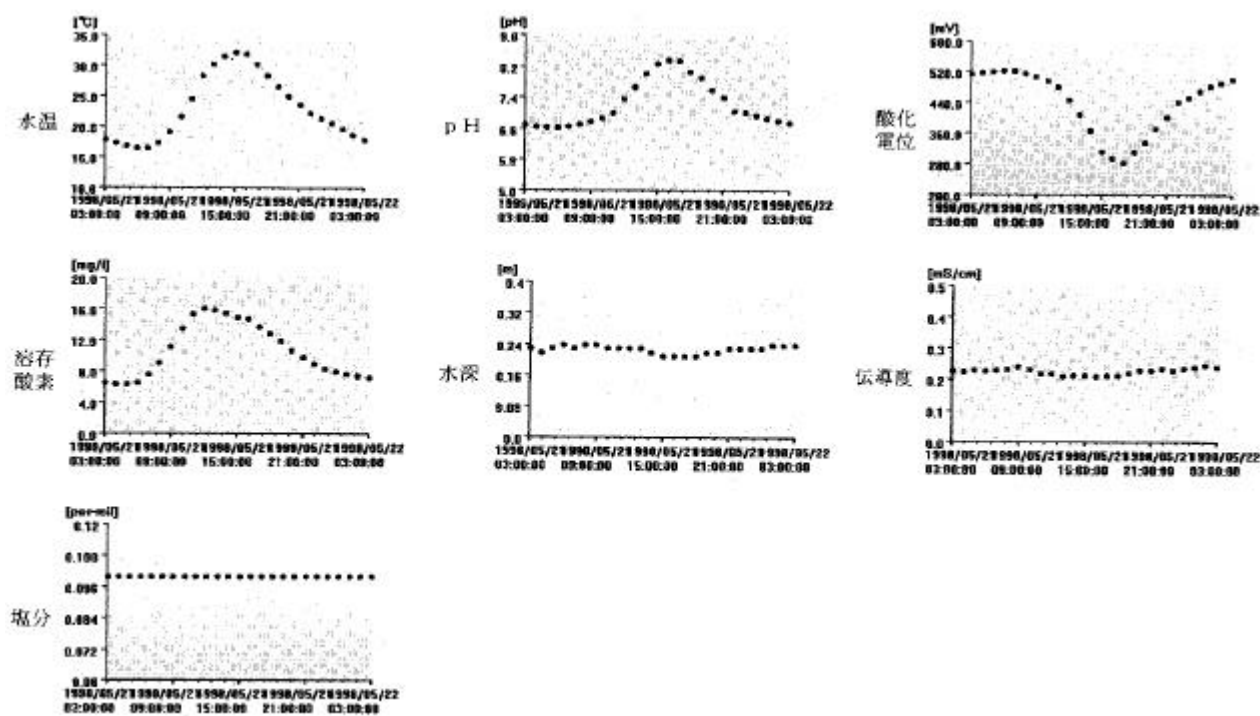


図5 一日の変化

観測される 16 mg/l の溶存酸素量は、この水温における水に対する飽和溶存酸素量(空気中の₃₃酸₃₃素₃₃が自然と水に溶け込む量 7.75 mg₀₈/l) に比べて 8.25mg₀₈/l 高い。この差は、光合成によって排出された酸素量に由来するものと理解される。また、夜間部(水温 16) に観測された 7mg₀₈/l は、飽和溶存酸素量 9.56mg/L に比べて 2.56mg₀₈/l 低い。これは、水中微小生物による呼吸によって消費されたおおよその量に由来するものであろう。このように、自動センシングによる測定から、水田水中の光合成と呼吸の関係や溶存酸素の役割をはっきりと理解することができ、水田水を題材とした環境教育を遂行する上で、役に立つ重要なデータを得ることができたと考えられる。

(4) 酸化還元電位

酸化還元電位の変化を見ると、pH の変化や溶存酸素量の変化とは逆の関係になっている。すなわち、昼間部は酸化電位が低く、夜間部は高くなる。酸化還元電位は、環境水の特性の中で、特に、水のがどの程度の酸化還元力を有するかを評価するのに役立つ物理量である。水田水に含まれるイオン成分の種類と量は、伝導度と塩分測定から一定であること、及び酸化電位の変動が毎日周期的に繰り返されることが継続したセンシング測定から分かっているので、水の酸化力は、溶存している酸化性のある有機物や無機物によって生じるものとは考えにくい。水の酸化力を示す物質は主に溶存酸素であると考えられる。溶存酸素量が多ければ、酸化電位も高くなるはずであるが、溶存酸素量が最も多い(16 mg₀₈/l) の時刻の酸化電位は 280mV と最も小さい。しかし、pH 変化を見ると、溶存酸素量が最も多い時刻の液性はアルカリ性(pH=8.4) になっている。アルカリ性では水の酸化力が低下することも一般的に知られていることである。従って、水田水の酸化電位が周期的に変動する最も大きな要因は、水田水の pH 変化によるものと思われる。

以上に述べたように、センシング装置により、定量的で確実性の高い複数のデータを同時に継続して得ることができた。リアルタイムデータと一定期間蓄積されたデータを用いて、水田水中の生

物の生産活動とそれに伴う水質の変化を、天候の変化と関連させながら総合的に学習することができる。また、すでに述べたように日照や気温データを加えることができれば、一層効果的な教育素材のできるといえよう。現在のセンシング項目は、化学及び生物学的立場から、環境の実体を把握するのに不可欠であり、得られた諸データは、環境化学、環境物理学、生態学など学術的な研究への利用以外に、環境教育を遂行する上でも極めて情報源となっている。

2) 水田の水質の時期的変化

- 5 月末と 8 月末を例として -

5 月末と 8 月末の各 1 週間を比較してみると、5 月と 8 月では顕著な違いが認められる。たとえば、5 月のある 1 週間の水温は、昼間と夜間で大きく異なり、1 週間に規則的な変化を繰り返すが、8 月の場合は、5 月ほど規則的な変化を示さない(図 6)。また、pH については、5 月の昼間と夜間では液性が酸性とアルカリ性の間で周期を繰り返すが、8 月の場合は、昼夜を問わず微酸性で、ほとんど変化しなくなる。この原因としては、8 月の水田は 5 月の場合と異なって、稲が成長し、太陽光が水田水面によくあたらないことも考えられる。これには藻類の状態も関係しているかも知れない。微小生物の観察結果では、例えば、接合藻類のアオミドロは、6 月に著し成長を示した後、6 月下旬には接合子を作って、その後枯れてしまう。従って、水中生物による光合成が効率よく行われず、水中に溶解している遊離二酸化炭素が十分消費されなくなる。この結果、呼吸による二酸化炭素の放出も重なって、平衡系として共存する炭酸イオンの量が増加し、液性が酸性側に傾いてくると考えられる。溶存酸素についても、8 月では変動が少なく、しかも 5 月の場合に比べて溶存酸素がかなり少なくなっている。5 月は昼間において光合成による酸素の放出盛んになり夜間は呼吸が増すことから、昼間と夜間では溶存酸素量の周期的な変動を示すが、8 月の場合には、水田の水の量も減少し、また稲の生長により水面に多くの光が届かないこともあって、光合成の量が減少するのかも知れない。自然の中で、空気中の酸素

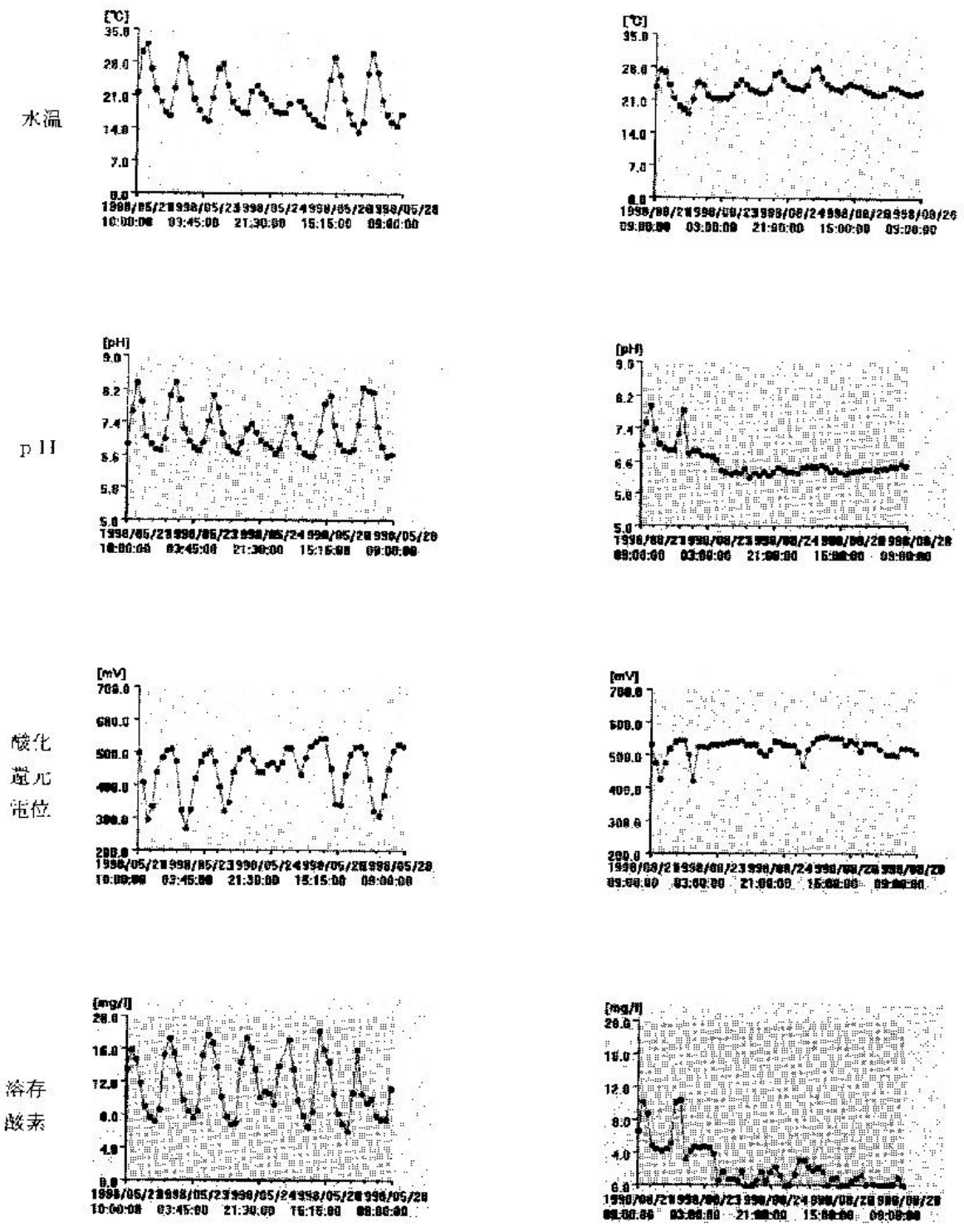


図6 時期によるデータの違い

の自然溶解速度をはるかに越えて溶存酸素が消費され、水田水が嫌氣的に変化することも興味深い。酸化電位を比較しても、5月は周期的に変動するのに対し、8月はほとんど変化せず、おおむね一定値を示す。これは、液性が酸性であり変化していないことによく対応している。酸性水中に少量含まれる溶存酸素の酸化力が大きく、おおそ

500 mV の酸化電位を示している。

6 . 環境教育での利用実践

1) 仙台市科学館での中学生を対象にした利用

仙台市科学館では、市内の中学校2年生全員を対象に、平成 10 年度も約半日間の実験講習会を

実施した。仙台市内の約半数の中学2年が、理科の生物分野の授業として水田の微小生物の観察を行い、このときに本研究の南方町水田の水質と画像データが活用された。生徒は、単に水田の中の生物を観察するだけでなく、水質および実際の水田の画像を見ることができ、水田という自然環境の理解が深まったと考えられる。なお、授業内容については、平成10年度仙台市科学館のしおりに述べられている(中澤・岩淵、1998)。

2) 学校での利用実践例として

- 仙台市芦口小学校での環境教育 -

芦口小学校は、仙台市の環境教育指定校で、本年度は水田をフィールドとして小学校の6年生を対象に授業が進められた。生徒たちは、実際に南方町の水質センターの設置してある水田を3回訪問し、阿部氏の指導のもとに農作業を体験している。第1回は、田植えを行い、続いて第2回は草取り、最後に稲刈りを行った。また、子どもたちは校内にも人口の水田を作り、そこで稲を育てており、常にリアルタイムで送られてくる水質や画像を確認し、稲の生長や水質について考えながら、自分たちの校内の水田の稲と比べて、水田や稲作について多くのことを学んだようである。

3) 学校での利用実践例として

- 宮城県田尻町大貫小学校での環境教育 -

インターネットを用いたテレビ会議システムを使って、大貫小学校では深谷小学校や仙台市科学館との間で、サイバー図鑑を使った授業が開催された。実際に水中の微小生物を顕微鏡で観察しながらのリアルタイムデータや「サイバー図鑑」の利用は、生徒に大きな感動を与えることができたようである。以下は、授業後の生徒の感想である。

- ・ 見つけるのが大変だったけど、私はがんばってゾウリムシを見つけました。とってもどきどき緊張しました。今度は今まで見たこともない不思議な微生物を見つけたいです。
- ・ 私はインターネットの授業をしたとき、とても緊張しました。大貫小学校では全部で20種類もの微生物を見つけられました。大島小学校や深谷小学校もいろいろな微生物を見つ

けていたのすごいなと思いました。

- ・ 私は採水場所の説明をしました。ちょっと緊張したけれど自信をもって言えたのでとても満足しています。私は、ケンミジンコやボウフラを見つけました。
- ・ わたしが探したクチビルケイソウが中沢先生に「すごいね」と言われてとてもうれしかったです。私は、初めてパソコンに触って、その便利に気づきました。マウスを動かしているときはなんか学者になった気分でした。私の小学校には、まだパソコンが1台もありません。来年には入るそうなのでいっぱい触って遊びたいと思います。今度は、いろいろな学校とインターネットで会話してみたいです。
- ・ 私は実験の時間にミジンコを見つけることができました。実験が終わって発表するとき、とても緊張したけれど、堂々と発表できたのでとても満足しています。来年学校に二十台位のパソコンが入るそうなのでとても楽しみにしています。
- ・ 自分の撮った写真がスクリーンに写ったので、うれしくてうれしくて涙が出そうでした。大島小や深谷小の友達もきれいに写してあってすごいなと思いました。
- ・ ミジンコってとてもきれいだなと思いました。教科書の写真よりきれいでした。
- ・ 私たちにとってインターネットの授業は初めてなので、どきどきワクワクしながら授業に参加しました。お父さんやお母さん方も何人か見に来ました。大島小や深谷小の人ともインターネットを通して友達になったような感じがしました。
- ・ 私は今まで微生物は汚く気持ち悪い生き物と思っていました。でも、今回の授業を通して、微生物が小さいながらもがんばって生きている姿にびっくりして、とても身近な生き物になりました。教科書には載っていないいろいろな微生物が勉強できてとてもうれしくなりました。
- ・ 今まで見たこともないとても不思議な微生物たちとたくさん出会いました。池の中、田んぼの中には、小さな小さな目に見えない生き物がたくさん生きているんだ、と思うととてもわくわ

くしました。今度は、誰も見つけていない微生物を探し出して、星の発見と同じように自分の名前をつけたいと思います。たくさんの微生物たちと出会えてよかったです。

- ・私は班の友達と協力して活動できたことが一番よかったです。私の班では、十種類もの微生物を見つけました。私は、休み時間や放課後も探しました。顕微鏡を使う仕事がしてみたいと思いました。
- ・初めて、インターネット授業を受けました。はじめは、ときどきわくわくの連続でした。私たちの班から二人の人がサイバー図鑑にのることになりとてもうらやましくなりました。もう、一回したときには私の見つけた微生物もサイバー図鑑に登録してほしいと思います。
- ・たくさんの微生物が池や田んぼの中にいたということにすごくびっくりしました。
- ・微生物の中には初めて見るもの、初めて聞く名前、初めて知ったことなどがたくさんあり、大変勉強になりました。多分、私は、生まれて初めてこんなにたくさんの種類の生き物を見たり、聞いたりしたと思います。こんなにたくさんの小さな生き物がこの世にいるとは今まで考えたこともありませんでした。

7. 環境教育実践に向けての問題点と今後の在り方

今までにリモートセンシングによる蓄積されたデータをもとに、水田水の水質について考察した。今回の調査で、水田の水質が1日の間で大きく変動すること、また、季節によって全く異なった水質に変貌することなど、水田のもつ性質と実態が明らかにされた。野外フィールドである水田で一日の間に、pH がこのように変化することは興味深く、水中微小生物の生態系における役割を調べるのに興味深い系を提供してくれる。水田では、稲だけが光合成をするのではなく、水中の藻類など微小な生き物が、日中、二酸化炭素を吸収し、酸素を出している。また、ケイソウのような小型の藻類を動物性の原生動物が食べ、さらに、動物性微小生物の間にも食う食われるの関係がある。水田の稲は、このような水田の中で育っている。

生徒達がことに気づき、海洋での微小生物の世界のできごとが、浅くて小さいと思われる水田のなかで起こっていることに気付くものと期待する。

リモートセンシングによる水質調査は、自然環境水の現状を経時的にあるいはリアルタイムでの確に把握し、水質が及ぼす生態系への影響や水田土壌に対する影響などを論じる場合にも必要不可欠な手法である。また、これらのデータを環境教育に活用したとき、生徒たちが自ら考える力を養うことに有効な利用ができるものと思う。ただし、すべてインターネットで得られるこれらのデータで論じるだけでなく、そのデータが正しいか、あるいはどのような計測をするのか、バックテストのような簡便法でも良いから、是非、生徒自身が実際の水田フィールドを経験することを含めたカリキュラムの開発が望まれる。

本研究の農業と教育現場を結ぶユニークさは少なからず人々の興味をひいたようで、新聞、テレビ等の報道機関も取り上げてくれた(参考資料)。

「たんぼの水を調べて何になるんだ」という厳しい評価の一方で、たいへん面白い試みであるという激励もあった。次年度以降の研究では、透過膜交換の回数や時期の検討などの技術的な問題と、日照、照度についての測定などいくつかの問題が残された。映像では、ある朝に短時間に起こる稲の開花の劇的な一瞬を映像でとらえることができれば、教室に大きな感動をもたらすことができるであろう。また、教育実践でどの程度効果的かなど、評価を含めた展開を行うという課題も残されている。

謝 辞

本研究の水質計測水田の提供は有機物質循環農法研究会東北支部の阿部善文氏のご好意による。また、東京学芸大学 片山舒康先生には藻類についての貴重なご意見を頂戴した。仙台市芦口小学校および田尻町大貫小学校には、データを教育実践にご利用頂き、NTT 入出力システム研究所および NTT 東北支社マルチメディアサービスセンター推進部(現宮城支店)の関係各位には、機器設置調整、維持管理等の全面的なご支援を頂いた。これらの方々から感謝申し上げる。なお、本

研究の内、微小生物調査部分については、平成10年度文部省科学研究費補助金 基盤研究(B) 09558005(代表 見上一幸)の一部を使用し、仙台市科学館での実践授業については、平成10年度文部省委託事業社会教育施設情報化・活性化推進事業の一環として実施された。

参考資料

- 1) 田んぼの機能見直し 平成10年2月16日 毎日新聞 (山本 悟 記者)
- 2) 「オリザの環'98」 水田は生き物の宝庫 平成10年8月24日 河北新報 (オリザの環取材団)
- 3) 「オリザの環'98」 自然界の営みと共存 平成10年8月25日 河北新報 (オリザの環取材団)
- 4) 「オリザの環'98」 酸素の巨大供給源 平成10年8月26日 河北新報 (オリザの環取材団)
- 5) 「オリザの環'98」 水田観察の感動発信 平成10年8月27日 河北新報 (オリザの環取材団)
- 6) 「オリザの環'98」 害鳥のイメージ新 平成10年8月28日 河北新報 (オリザの環取材団)
- 7) 「オリザの環'98」 冬の田んぼを楽園に 平成10年8月30日 河北新報 (オリザの環取材団)
- 8) 水田 私たちのハイテク教材 平成10年10月28日朝日新聞 全国版夕刊第一面 (小川 雪 記者)
- 9) 「水田が教材」 仙台・芦口小の「環境」学習 平成10年11月1日 朝日新聞 宮城版 (小川 雪 記者)
- 10) 水田教材に環境学ぶ 平成10年11月11日 朝日新聞 宮城版

文 献

1. 岩渕成紀、中澤堅一郎 1998 平成10年度仙台市科学館のしおり
2. 見上一幸、小泉貞明 1984 身近な教材としての水田の微小生物 宮城教育大学理科

教育研究施設年報 20, 9-13.

3. 見上一幸、穴戸英雄 1988 水中微小生物観察の場としての水田生物教育 28, 47-51.
4. 見上一幸、田幡憲一、武内伸夫 1992 生命科学教材としての「水田の微小生物」()
-仙台市近郊における水田微小生物の調査- 宮城教育大学理科教育研究施設年報 28, 25-30.