

農業教育における栽培環境の研究

― 電解水を用いた栽培環境の研究 Part I

中 石 直 木*

生産面のみを重視した化学肥料及び農薬多用の農業を見直し、環境保全型の農業教育を推進することを大きな目的として、電解水を取り入れた栽培技術の確立を図った。

電解水は普通の水道水を専用装置で電気分解して得られる水のこと、酸性水とアルカリ水の2種類がある。今回は、酸性水のもつ特性や殺菌効果の検証などの実験を中心に研究に取り組んだ。

1. はじめに

21世紀の幕開けと同時に、世界の経済・社会情勢の変容、地球規模的な温暖化の促進など各国にとって、正に波乱のスタートとなっている。

同時に我が国の農業を取り巻く情勢も依然厳しく、課題が山積している状態へさらに追い打ちをかけるように狂牛病問題が発生し、生産農家へ驚愕と衝撃を与えた。

ところで、農業教育は、農業が食糧や環境など人間生活の基盤を支えていることに対する我々の理解を深めることに意義があり、農業に関する知識・技術や経営方法の指導によって明日の農業人を育成する事を目標としている。

しかしながら、多様化した生徒への対応及び農業従事者の減少など、本県農業教育が抱える課題は多く、具体的な方策の検討が急がれ、学習指導についても研究されなければならない。

このような中で、21世紀の農業を展望し、生徒に興味関心を持たせると同時に将来のスペシャリストを育成するには、従来行われてきた農業に関する知識・技術だけの習得だけでなく、科学的技術を取り入れた農業教育の推進にあると考えた。

特に栽培分野では経験学習が中心となっていたため、ややもすると生産面を重視し、それがひいては化学肥料や農薬の多用につながっていった経緯がある。このことをふまえて、作物栽培が農業はもとより地球環境や人間生活と深く関わっている点を再認識し、新しい

栽培環境や栽培資材を利用した研究に取り組むことにした。

なお、本研究(メインテーマ)は以下の「研究計画」を総括する形で進めているが、研究項目によって共同研究内容と一部重なる研究をのぞいて、今回は、近年話題になっている水、とりわけ、電解水(Part Iでは酸性水)に着目して水耕栽培等への導入を図り、栽培環境学習の一環として検討してはどうかという目的で本テーマを設定した。

2. 研究計画

(1) 土壌・肥料学的研究

(2) 土壌微生物の研究

(3) 手づくり肥料の研究

① 伐採樹木及び生ゴミ等の分解・発酵試験研究

② 樹種別成分分析

③ 手づくり肥料製作

④ 手づくり肥料によるポット栽培および圃場試験

(4) 電解水を利用した栽培環境の研究

① 電解水の特性について

② 酸性水を利用した施設栽培試験

③ 作物に対する酸性水の殺菌効果試験

④ 電解水利用による管理経費試算

(5) 海洋深層水の研究

① 海洋深層水の理化学的研究

② 海洋深層水を利用した施設栽培試験

③ 海洋深層水を利用した圃場試験

④ 海洋深層水がもたらす農業への影響

*教育センター産業教育課

- (6) 学校における土壌診断の研究
 - ①土壌診断検定法作成
 - ②各土壌養分分析法の確立
 - ③土壌診断表（野外帳）作成
 - ④土壌診断と栽培法の有機的研究
- (7) 農業学習における栽培環境分野の指導法
- (8) 研究のまとめ

3. 研究内容

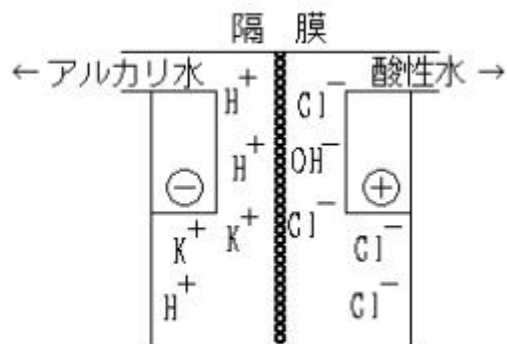
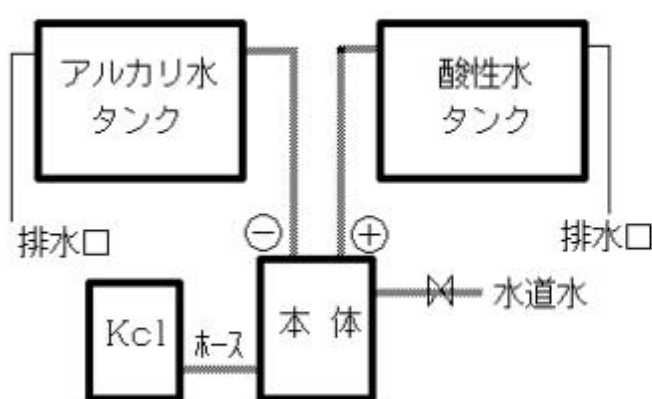
施設野菜栽培においては『温室水耕栽培』（養液栽培）が定着し、生産学習の一環として重要な役割を果たしている。特に、キュウリ トマトなど安定した生産供給を目指してきた。しかし、温室キュウリにおいては病原菌に冒されやすく、必要以上の農薬使用もやむを得ない状況にあった。

表 1

具 体 的 な 研 究 内 容	備 考
◎露地整備 ◎温室内外整理 ◎電解水生成装置からの取水	南部農林高校より
◎土壌採取（島尻マージ，ジャーガル） ◎電解水原理研究（酸性水，アルカリ水のpH測定他） ◎土壌への酸性・アルカリ各水施用実験 ◎酸性水殺菌効果調査	現地 2 ケ所採取 pH，ECメーター使用 培地づくり
◎土壌採取（国頭マージ） ◎温室内コマツナ定植，誘引～収穫 ◎野菜へ酸性水散布	現地 1 ケ所採取 制御温室 手動噴霧器利用
◎地域の電解水利用状況調査（東風平町） ◎地域農家の農薬使用調査（豊見城村） ◎農薬使用，電解水使用経費試算およびその比較 ◎各養分分析，まとめ	JA グループサザンプラント K氏所有ハウス 各分析機器使用

図 1 電解水生成装置（概略図）と電解のしくみ

酸性水・アルカリ水生成装置構成



電解のしくみ

4. 試料及び方法

(1) 土壌採取およびその処理

採取場所：糸満市字米須(島尻マージ)、
豊見城村字長堂(ジャーガル)
名護市字名護(国頭マージ：
北部農林高校校外農場)

処理方法 採取した土は用土室で風乾し
砕いた後、5mmのふるいで
ふるって調整。pH、ECを測定。
(pH、EC METER使用)

pH測定法 → 土：水＝1：2.5 の割合で
混合、30分後測定
(土15g：水37.5ml)

EC測定法 → 土：水＝1：5 の割合で
混合、30分後測定
(土15g：水75ml)

(2) 電解水生成原理及び酸性水、アルカリ 各水のpH測定

電解水生成装置の構成および電解の仕
組みは図1の通りであるが、電解液(K
Cl)を電気分解し、隔膜を通して+極
に『酸性水』、-極に『アルカリ水』が
生成されるシステムである。

酸性・アルカリ各水のpHは、採取した
土壌と同じように pH METERで測定した。

また、各水のpH経日変化(3, 5, 10日後)も
測定した。

(3) 酸性水散布実験

制御温室におけるコマツナの水耕栽培
とキュウリへの酸性水散布を実施した。

一作付け期間を通じて酸性水散布によ
る殺菌効果試験が主な試験内容である。

(4) 電解水のK定量分析

電解液にKCl(塩化カリウム)を使用している
ため、K定量分析を行う。分析には原子
吸光光度計を用いた。(写真1)

写真1 原子吸光光度計



K 定量分析

↓
10, 20, 40ppm の K標準液調製。

↓
原子吸光光度計を用いて、K測定。

(5) 酸性水の各塩素測定

殺菌効果の重要なポイントとなる酸性
水の『塩素』について、残留塩素と総塩素
イオン定量に分けて測定した。

また、酸性水中の塩素量が時間と共に変
化するかどうかを知る目的で精製後各々3, 5,
10日後の酸性水も用意し、同測定に用いた。

残留塩素測定にはハックテスト(理化学研究所)
を用い、総塩素イオン定量には0.01N AgNO₃
(硝酸銀) 滴定法を用いた。

残留塩素測定

↓
試料液をパックに入れ、よく振る。

↓
1分間おいた後のパック内液の色と呈色表を
比較する。→ 塩素濃度求める。

総塩素イオン定量

↓
検水50ml をビーカーにとる。

↓
5%クロム酸カリウム液0.5ml 加える。

↓
0.01N硝酸銀をビュレットに入れる。

↓
検水が微黄かつ色となるまで滴定。

↓
滴定値から塩素イオン量を算定。

(6) 地域における電解水利用状況調査

地域でこの電解水生成装置を取り入れ
ているJAグループサザンプラント(東風平町在)
から利用状況調査を実施した。

(7) 地域農家の農薬使用量調査

今回の研究において、幸いに一度も農
薬を使用せずに済んだが、次回も無農薬
とまではいかなくとも低農薬化を図って
いきたいと考えた。

そこで、豊見城村のKさん(野菜ハウス所
有)の一作付け期間中の農薬使用量を調査し、

180㎡当りの使用量に換算して、薬剤使用経費を試算した後、酸性水使用経費と比較した。

尚、Kさん所有のハウス面積は約710㎡である。

(8) 地域・他学科への電解水利用検討

本研究の電解水については、多方面での利用が可能だと思われる。

そこで、園芸科系だけでなく、他系学科でも利用できる例を検討してまとめた。以下は使用例を表したものである。

関連学科における電解水使用例

畜産学科系 → 畜舎床等の殺菌消毒

園芸科系 → 「生物工学」での利用

食品科系 → 「応用微生物」で利用

農業工学科系 → 芝枯れなどへの利用

生活科学科系 → 食器等の殺菌消毒

5. 結果及び考察

(1) 土壌の特性は表2のとおりである。

土壌採取は以下のように行った。

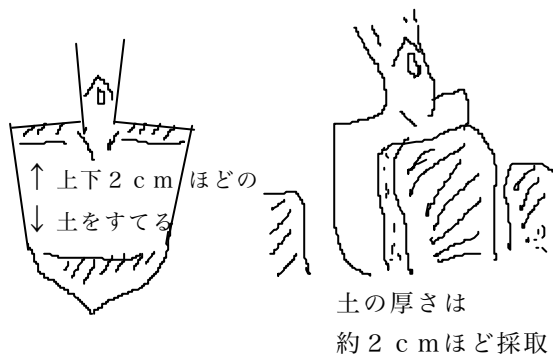


表2 供試土壌の特性

土 壌 名	土壌の色	p H	E C (ms/cm)	備 考
国頭マージ	赤黄色～赤褐色	5.2	0.1	礫含量大，細粘土も含む
島尻マージ	茶褐色～茶色	8.1	0.4	礫わずか，水はけ良好
ジャーガル	灰白色～灰色	8.4	0.65	礫わずか，粘着性強

これらの土壌サンプルを用いてポット栽培を実施し、それぞれに酸性水を散布して土壌間差を確かめる試験においては、ほとんど変化がみられなかった。

土壌への酸性水散布について、どの土壌に対しても著しい支障を来すことはないと思われる。

写真2 土壌別酸性水散布実験



写真3 産業教育課温室全景



本研究の多くは上記写真3に示す産業教育課の環境制御温室を利用して行った。

(2) 電解水のpH測定

酸性・アルカリ各水のpH, ECは、土壌と同じく各々pH, EC METERで測定した。結果は表3のとおりである。

表3 電解水のpH, EC

項 目	酸性水	アルカリ水	水道水
p H	2.6	11.4	8.3
EC (ms/cm)	2.82	2.6	0.2

酸性水、アルカリ水の各pH, ECとも多くの研究報告とほぼ同様な結果となっている。

水道水と比較すると強酸、強アルカリということになるが、電解水は通常の酸・アルカリの特質を持っていない。

また、各水のpH経日変化(3, 5, 10日後)も測定したところ図2のような結果になった。10日以降の測定を行わなかったのは、散布した電解水のほとんどが遅くとも路地では2～3日、温室内では5～6日で蒸発し、水の影響がないと考えたからである。

下図からもわかるように酸性水のpH [H⁺イオン濃度] が日ごとにそれほど変化しないということは、酸性水の多くが―(プラス)に荷電していると思われる、長い間電子(マイナス)の不足がちな状況をつくりだしているのではないかと。

そして、低pHが続くために活性塩素(HOCl)が安定した状態を保つと思われる。

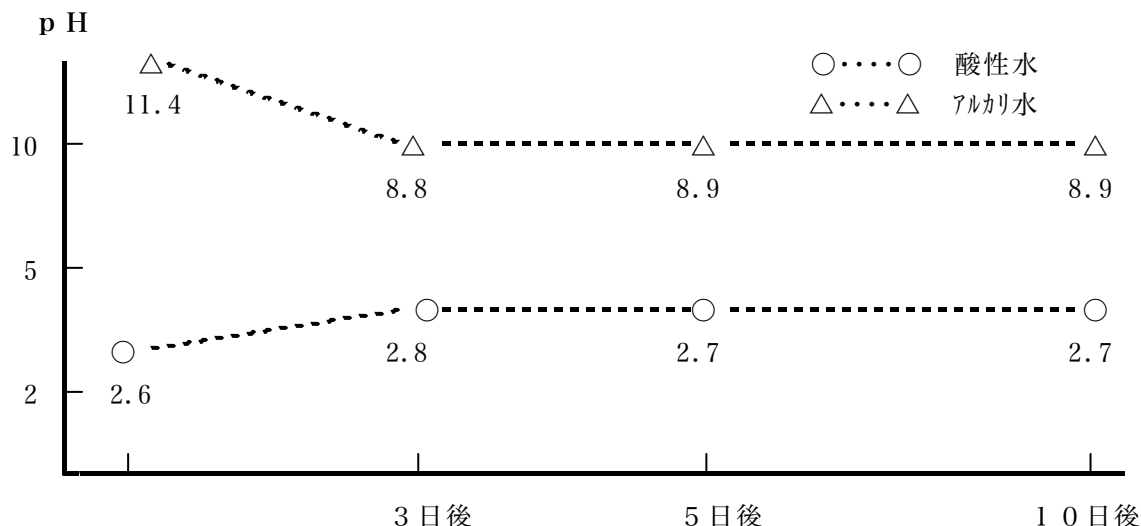


図2 電解水のpH経日変化

(以下に電離平衡式を表す)



この際、水素イオンも含めてプラスイオンの多い状態が続くと理論的にも電離が抑えられ、より活性塩素の働きやすい条件になるのではないかと考えられる。

また、この電子不足状態は、病原菌細胞中の電子を奪う結果になり、ひいては病原菌の活動を停滞させる役目を果たしているのではないかとということが一仮説としてあげられる。

(3) 酸性水散布実験

2栽培区のキュウリの全葉数とわずかでも病気に冒されている葉をすべて数え、表4のように病気の葉の割合(%)を算出した。

表4 酸性水散布と無散布の比較

	全葉数	病葉数	病/全 (%)
酸性水無散布区	2612	547	20.9
<u>酸性水散布区</u>	2543	281	<u>11.1</u>

実験結果では、酸性水散布区のほうが無散布区より病気に冒された葉の割合が少ない傾向にあった。

次に野菜を水道水と酸性水に分けて洗浄し、その残り水を培地へ滴下して一週間後の様子を観察したものを下の写真4に表す。

左側が酸性水洗浄、右側が水道水洗浄による結果である。

写真4 野菜洗浄後の培地比較



酸性水洗浄後の培地

水道水洗浄後の培地

酸性水洗浄後の残り水の入った培地はカビ、雑菌等の繁殖が比較的少ない傾向にあった。

(4) 電解水のK(カリウム)定量分析

酸性、アルカリ各水は塩化カリウム(KCl)を電解液として生成されるため、そのK濃度を調べた。(図3)

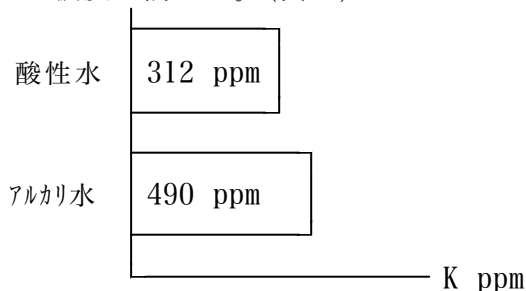


図3 電解水のK含量

分析結果より、酸性・アルカリ水ともかなりのK(カリウム)を含んでおり、+プラスイオンの活性にいくらか影響を及ぼしているものと考えられる。

(5) 酸性水の各塩素(Cl)測定

酸性水精製後、3, 5, 10日目の溶液を用いて残留塩素を測定した結果を図4に表す。

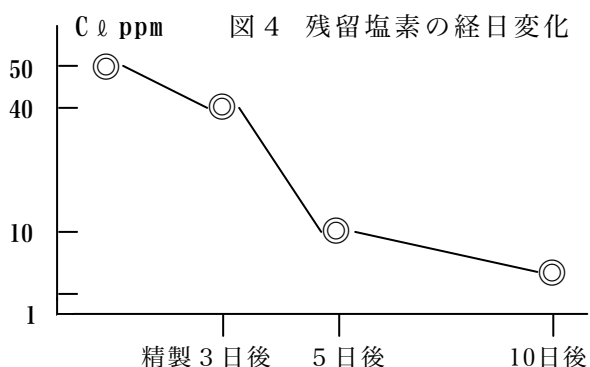


図4 残留塩素の経日変化

残留塩素はいわゆる「カルキ臭」のめやすになるもので、実験結果からも分かるように精製後4～5日目頃から実際にカルキ臭が和らいでくるとほぼ一致している。

しかし、酸性水はそれ以上に効力の続いていることから、殺菌力のポイントといわれる塩素は、

総塩素量から残留塩素量を差し引いたもの

すなわち、これが活性塩素(HOCl)ではないかと考えた。

また、この活性塩素は日経っても失われにくい点が実験結果からも明らかであり、殺菌効果に重要な役割を果たしていると思われる。表5に塩素測定結果を表す。

表5 各水の塩素(Cl)量測定結果

	総Cl ppm	残留Cl ppm	活性Cl ppm
酸性水	490	50	440
アルカリ水	383	10	373
精製10日目酸性水	479	1	478
水道水	54	0.1	53.1

(6) 地域における電解水利用状況調査

JAグループサンプラント(東風平町在)を訪ね、主に電解水の効果と使用例について調査した。電解水の効果よりも予想以上の大量使用が明らかになった。

(質問)「酸性水施用の効果は？」

(サンプラント)「ゴーヤーのうどんこ病に使用したが、効果が出ている。」

(質問)「酸性水の使用量は？」

(サンプラント)「3日に1回程度、10㎡あたり500ℓ以上使用している。」

(質問)「他にどのような用途があるか？」

(サンプラント)「器具類やトレーの消毒、ビニール類の洗浄に利用している。」

(質問)「アルカリ水も使用しているか？」

(サンプラント)「液肥と混ぜて、葉面散布を実施している。」

(7) 地域農家の農薬使用量調査

野菜のハウス栽培を行っているKさんを訪ね、一作付期間の農薬使用量調査を行った。
また、これをもとに農薬経費および酸性水使用経費を試算した。

Kさん所有野菜ハウス（豊見城村在）約710㎡における農薬使用経費試算（コマツナ）

モレスタン（100g）	417円	×	16回	=	6,672円
ビジダイセン（250g）	650円	×	16回	=	10,400円
パンソイル（100ml）	893円	×	16回	=	28,576円

（710㎡当り） 45,648円

（180㎡当り） 11,572円

180㎡ 温室（教育センター）における農薬使用経費試算（コマツナ）

モレスタン（100g）	417円	×	3回	=	1,251円
マンネブダイセン（250g）	410円	×	1回	=	410円
スプラサイト（500ml）	2340円	×	1回	=	2,340円
DDVP（500ml）	982円	×	1回	=	982円
リノー（500ml）	248円	×	1回	=	248円

（180㎡当り） 5,231円

180㎡ 温室（教育センター）とした場合の酸性水使用経費試算（コマツナ）

一作付期間	平均酸性水使用量	70ℓ	×	30回	=	2,100ℓ
						（2.1m ³ ）
〃	平均使用水道料金	10m ³ まで	……			2,100円
〃	平均使用電気料金	23時間使用（2.1m ³ 分）				380円42銭

（180㎡当り） 2,480円42銭

※水道料金は各市町村水道事業、電気料金は沖縄電力からの資料による。

調査の結果、農家が予想以上に多くの農薬を使用していた。

また、電解水使用は農薬経費を節減し、健康、安全の両面からも一経営方法として検討の余地があり、有望な栽培技術ではないかと思われる。

6. 研究のまとめ

(1) 培地実験や病葉調査より、酸性水にはある程度殺菌効果がみられる。今後も数多くの検証を重ねたい。

(2) 殺菌効果に比べ、殺虫効果はほとんど見られていない。

(3) 防毒マスクや手袋も必要なく散布できる酸性水利用は健康面・安全面からも望ましいと思われる。

ただし、散布はていねいに裏面へも満遍なく散布する必要がある。

また、2日連続して散布すると野菜が黄変した。しかし、新葉がでてきたことで栽培に支障ないことが確認できた。

(4) 酸性水中の残留塩素は日ごとに減少していく傾向にあった。これは酸性水精製後4～5日頃から『カルキ臭』がやわらいでくるとほぼ一致している。

すなわち、残留塩素のめやすは『カルキ臭』であることが推察される。

(5) 酸性水の殺菌力のポイントとなるのは、総塩素量から残留塩素を差し引いた

「活性塩素」ではないかと考えた。これは精製後日経ってもほとんど失われない結果から判断した。

(6) 地域の電解水利用者も電解水の効果を認めていた。この調査でアルカリ水を液肥と混ぜて使用していることが明らかになっている。

(7) 農業経費試算において、農家が比較的多くの農薬を使用している現状をふまえ、電解水使用による農業経費節減をめざして栽培技術の確立が必要と思われる。

(8) 地域のゴルフ場において、電解水利用の計画がある。今後は環境保全型農業を考える上でも電解水研究を進めたい。

7. 今後の課題

(1) 電解水の殺菌効果や原理について、より多くの調査・研究が必要である

(2) 酸性・アルカリ各水の交互利用。

(3) 野菜だけでなく、草花・果樹部門への電解水利用の検討。

(4) 手づくり肥料と電解水共用実験

(5) 環境問題を考慮に入れた農業を考える上で電解水の利用。

参 考 文 献

1. 伊東 正(1995)「野菜」；実教出版
2. 大西克成(1996)「電気分解性水の各種細菌に対する殺菌効果について」
；徳島大学医学部細菌学講座
3. 岡島秀夫(1976)「土壌肥沃度論」
；農山漁村文化協会
4. 音在清輝(1971)「分析化学辞典」
；共立出版
5. 中石直木(1979)琉球大学大学院
農学研究科修士論文