

# 水田における各種成分濃度の変動

—水稲育苗箱内三要素全量施肥・農薬施用技術と慣行栽培の比較—

農林水産省 北陸農業試験場  
水田利用部 土壌管理研究室

主任研究官 中 島 秀 治

## 1. はじめに

「環境保全型農業」<sup>1)</sup>について論じる時、欧米では生産性犠牲型農業が取り上げられているが、日本国内においては、生産性を下げることや品質を劣化させることは論外になっている。慣行農法を乗り越えて、生産性や品質を向上させ、省力化をはかり、且つ環境にやさしくというのが日本の環境保全型農業としての位置付けである。

今回検討し確立した手法(本手法)<sup>2)</sup>は、慣行栽培で本田に施用する肥料三要素の全量を水稲育苗箱に施用することにより、本田での基肥及び追肥を省略している。また、田植え時に長期持続型の殺虫殺菌混合剤も育苗箱に施用しているので、中間管理作業は超省力的となっている。本手法では、田植え機によって苗の根と抱き合わせて株元に施肥及び農薬散布を行うことで利用効率の向上を計っている。これは、減肥と減農薬を同時に行うことが可能であるので、日本の環境保全型農業の考え方に基づく技術になりうると考えられる。

ところで、水稲栽培に於いて、田面水や農業用

水の成分濃度の変動は、本田へ施用された肥料に大きく依存すると推察<sup>3)</sup>される。自然環境に於ける水質保全の観点から環境保全型農業として本手法を位置付けるには、本手法及び慣行栽培に於ける田面水や農業用水中の成分濃度の比較が重要であると考えられる。

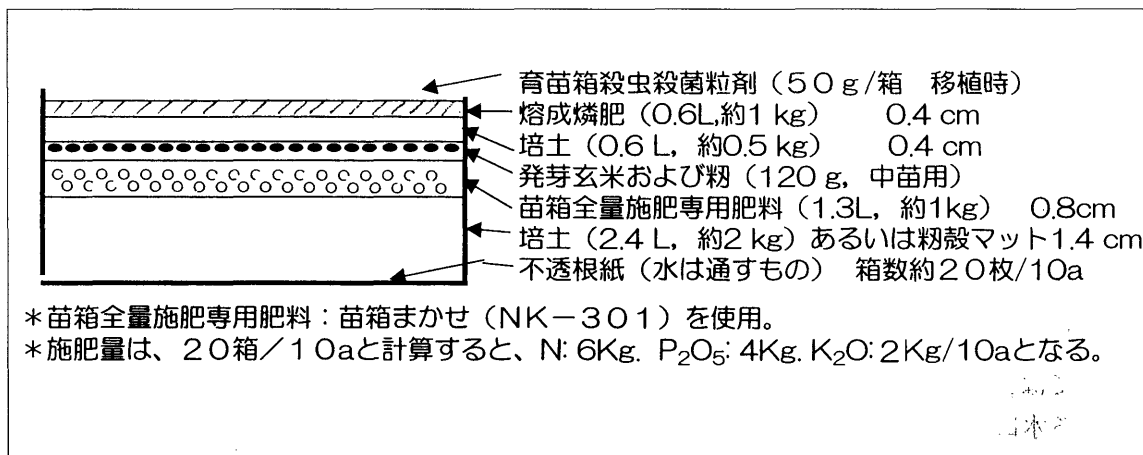
上越にある山間地の桑取地区では、農村活性化と共に「食」を通じて村民の健康作りを目指した「上越リフレッシュビレッジ事業」が展開されている。その一環として上越市からの委託研究で農家圃場(上越市西谷内)に於いて本手法の実証試験を行い、水稲栽培期間中の農業用水及び田面水を採取し、水質の理化学定量分析を行ったので紹介する。

## 2. 実証試験

### 1) 水稲の育苗及び施肥

図1に示したように、本手法では、層状に下から培土(床土)、肥料(苗箱まかせ<sup>®</sup> NK301-100, チッソ旭肥料(株)製)、発芽粃、培土(覆土)、及び砂状熔成燐肥を水稲育苗箱に施用した(窒素6kg,

図1. 水稲育苗箱の模式図



現地圃場場所

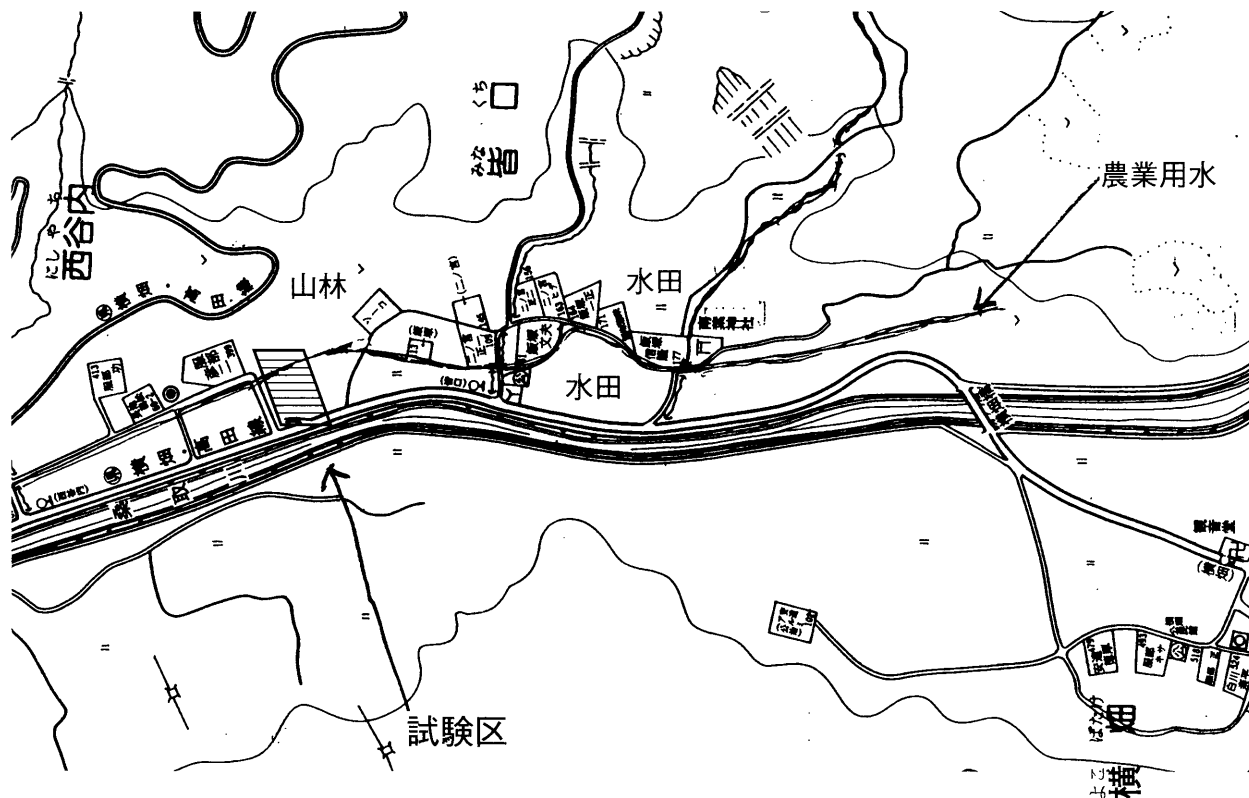
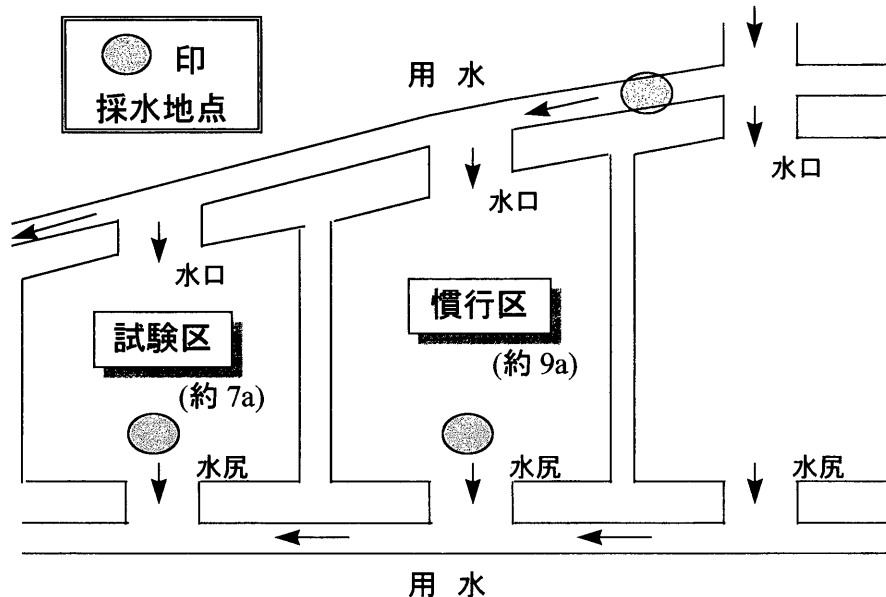


図2. 現地採水地点の略図 —新潟県上越市西谷内 服部彦二家の水田—



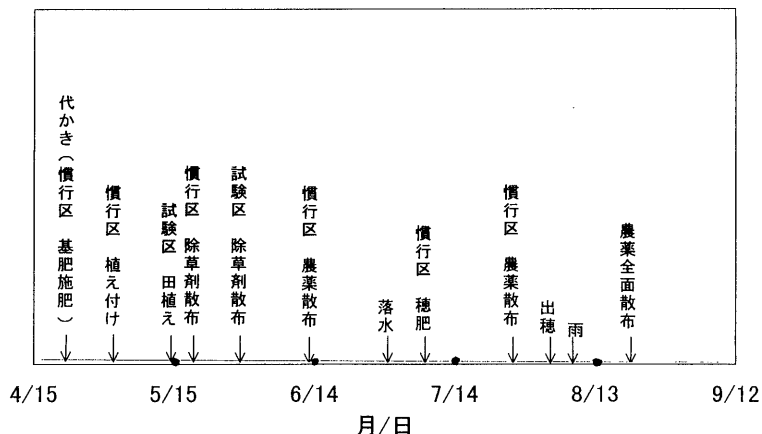
リン酸 4 kg, 加里 2 kg/10a)。電熱育苗器（芽出し作業場が30℃以下であった為）を用い、棚積みして芽出し作業をした後に水槽育苗を行った（約30日間、中苗）。また、慣行区の施肥は市販の化成肥料を用いた（窒素 6 kg, リン酸 10kg, 加里 12kg/10a）。

2) 試験圃場及び耕種概要

実証試験は、上越市の桑取川上流に位置（上杉謙信の居城である春日山の近隣地帯）した西谷内集落の農家圃場で行った。尚、土壌種は褐色森林低地土である。図2に示したように採水場所としては、農業用水は試験区と慣行区に利用されている水口付近、田面水は試験区、慣行区各圃場の排水口付近とした。

また、図3に耕種概要を示した。試験年度（平成10年度）、この地域は4月中旬から5月中旬迄は平年より晴天の日が続き気温が高かったが、8月下旬より収穫期までは雨天の日が続いていた。

図3. 耕種概要



3) 定量分析

① サンプル水の調整

サンプル水は、100mlのプラスチック容器に採

表1. 発光誘導結合プラズマ発光分光分析の測定条件

使用装置	SPECTRO FLAME MODULA S
測定条件	周波数; 27.12MHz 出力; 1200 W プラズマガス流量; 14.0 l/min 補助ガス流量; 1.0 l/min ネブライザーガス流量; 1.0 l/min 酸素ガス流量; なし シールドガス流量; なし サンプル導入量; 2.0 ml/min 加湿器; なし ネブライザー; 同軸型 チャンバー; スコット型 測光方式; Side-on (横方向測光)
測定方法	積分時間10秒, 測定回数; 検量線測定時のブランクは10回, その他は3回測定を行った。 (バックグラウンド補正実施(1点補正))
測定元素	本装置搭載マルチチャンネルの41元素。 定境界以上は15元素。
検量線	ブランク及び希釈溶液は超純水。 検量線用標準溶液は以下の通り。 ハロゲン元素; 0.10 μg/ml 上記以外元素; 0.1 μg/ml
試料処理	上澄液を直接プラズマ発光分光装置に導入した。
測定日	1999年7月14日

測定担当者 株式会社 リガク  
光分光プロジェクト  
分析センター 担当 畠迫 剛信

取し、栽培期間中は冷蔵庫(5℃)に順次に保存し、収穫後に一括して定量分析を行った。

保存したサンプル(100mlプラスチック容器)を冷蔵庫から取り出し、上下によく攪拌し、更に1日冷蔵庫内で静置した後に、上澄み液を定量分析に用いた。

② 手動分析

水素イオン濃度、各種形態窒素、リン酸は土壤環境基礎調査における土壤、水質および作物体分析法<sup>4)</sup>、肥料分析法<sup>5)</sup>、及び水質分析法<sup>6)</sup>に従った。

③ 発光誘導結合プラズマ発光分光分析

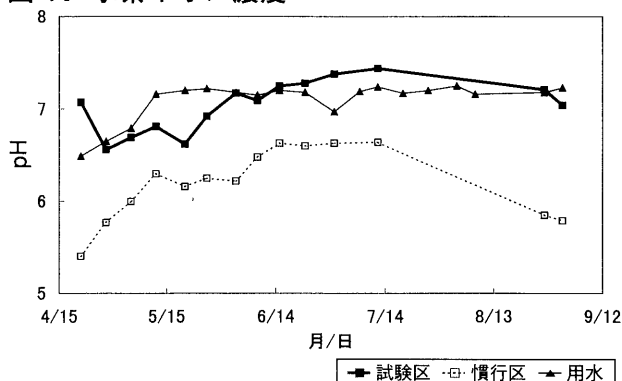
カリウム、カルシウム、マグネシウム、マンガン、鉄、アルミニウム、ホウ素、銅、亜鉛、珪酸、塩酸、及びバリウムは、表1の測定条件によって各元素の発光強度を測定した。

3. 試験結果

1) 水素イオン濃度(図4)

試験区は農業用水と比較して、濃度差異は小さいが、施肥時期に若干低下し、落水時期に若干上昇した。慣行区は施肥の影響を受け、栽培期間中低下したままであった。

図4. 水素イオン濃度



2) 電気伝導率(図5)

試験区は農業用水と比較して、田植え時期は低いですが、田面水温の上昇と共に上昇した。慣行区は基肥施肥直後は農業用水の約2.5倍であったが、1週間後には農業用水よりも低い値となった。

3) アンモニア態窒素(図6)

試験区と農業用水は濃度差異は小さく、N10~1,000ng/mlの範囲で変動した。慣行区は基肥施肥

図5. 電気伝導率

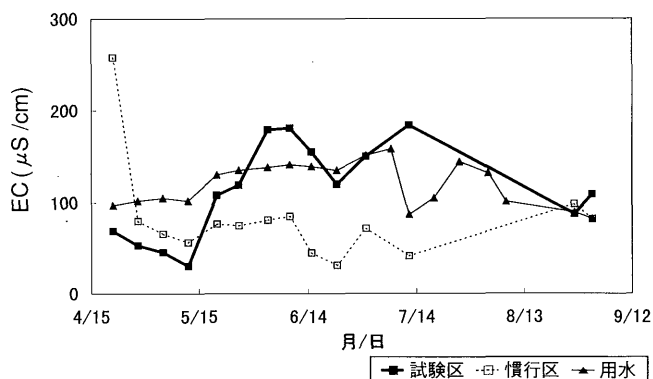
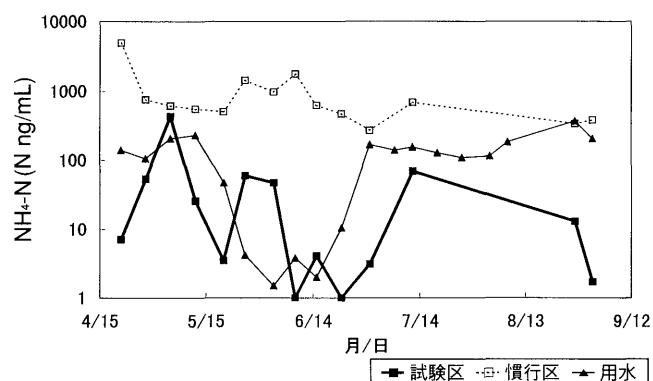


図6. アンモニア態窒素

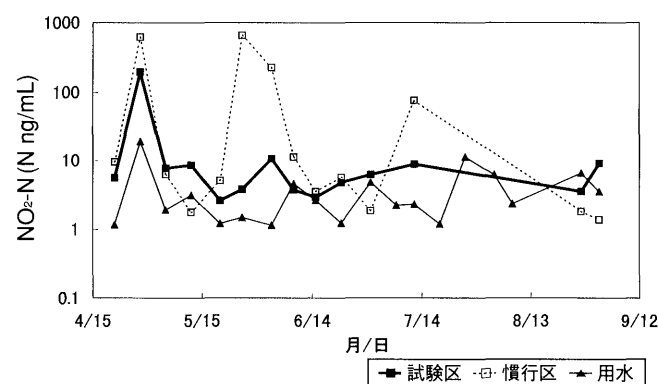


後に約10,000ng/ml弱で、その後は常時1,000ng/ml程度で変動した。また、農薬の散布によって濃度が上昇する傾向が見られた。

4) 亜硝酸態窒素 (図7)

試験区と農業用水はN 1 ~10ng/mlの範囲で変動したが、慣行区は施肥の影響を強く受け田植え前から上昇が見られた。アンモニア態窒素と同様に農薬の施用や落水により濃度は上昇した。また、現地圃場を観察すると水田内に生活している小動

図7. 亜硝酸態窒素

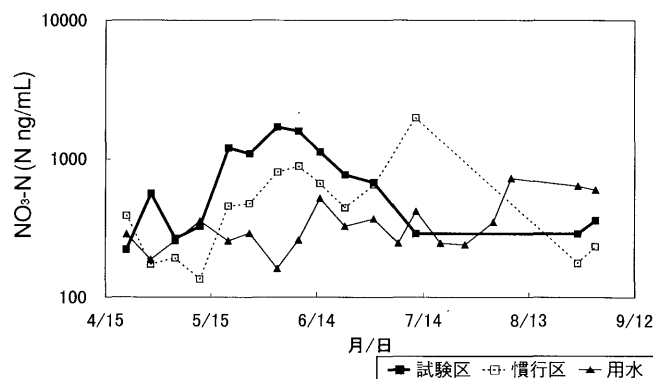


物の死骸が多数あり、これらの腐敗により、亜硝酸態窒素が田面水中に溶出してきたことが推察された。

5) 硝酸態窒素 (図8)

農業用水はN100~1,000ng/mlの範囲内であった。試験区は田面水の上昇と共に上昇したが、落水と共に低下した。しかし、慣行区は落水直後に上昇した。

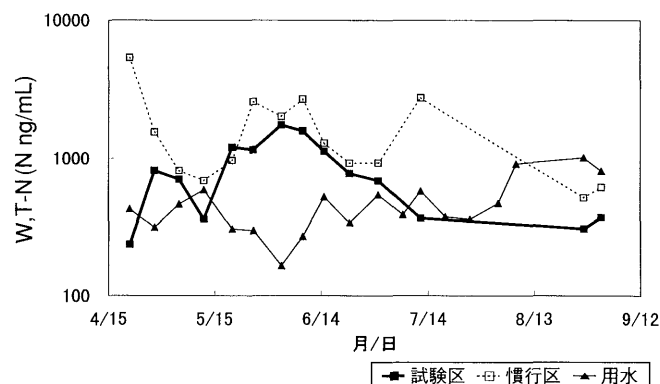
図8. 硝酸態窒素



6) 水溶性窒素全量 (図9)

水溶性窒素全量は、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、及び硝酸態窒素の合計量を求めた。試験区は硝酸態に大きく依存し、慣行区はアンモニア態に依存する結果となった。施肥により田面水の濃度は農業用水より上昇するが、慣行区より試験区が常に低濃度で変動した。

図9. 水溶性窒素全量

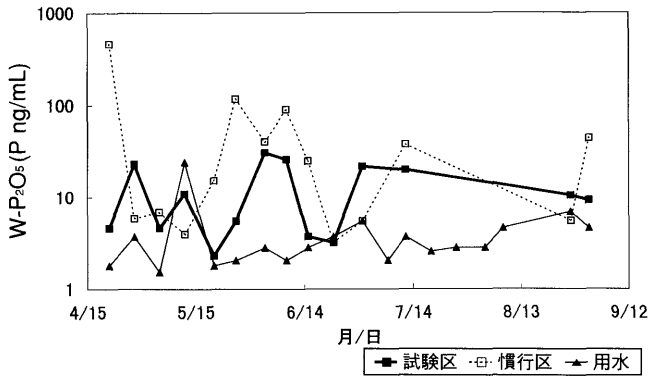


7) リン酸 (図10)

慣行区は農業用水と比較して、施肥直後は約100倍の濃度にまで上昇した。また、除草剤散布の時期も上昇した。施肥の影響は特に著しく、農業用水中の濃度上昇に対しても影響を与えている

ことが推察された。また、試験区は慣行区よりも基肥施肥期で濃度が1/200となり、その後も低い濃度で変動した。これは、慣行区では営農指針により土壤改良効果（リン酸吸収係数 $P_2O_5$ 1,000mg/100g）を考え、水溶性リン酸を含む化成肥料を本手法の2.5倍も基肥に施用していることが影響していると考えられる。

図10. リン酸



8) カリウム (図11)

試験区及び慣行区は、農業用水より高濃度で変動した。特に慣行区の施肥直後の濃度上昇は著しかった。

図11. カリウム

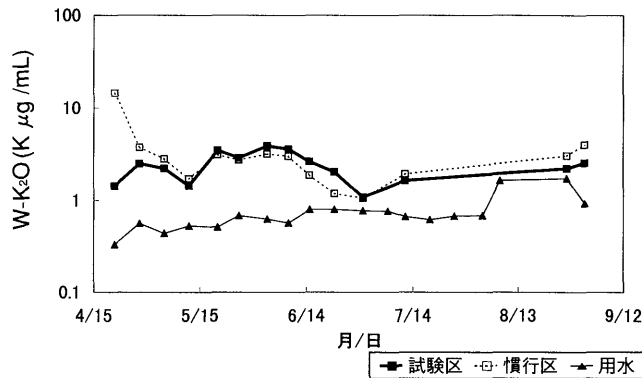
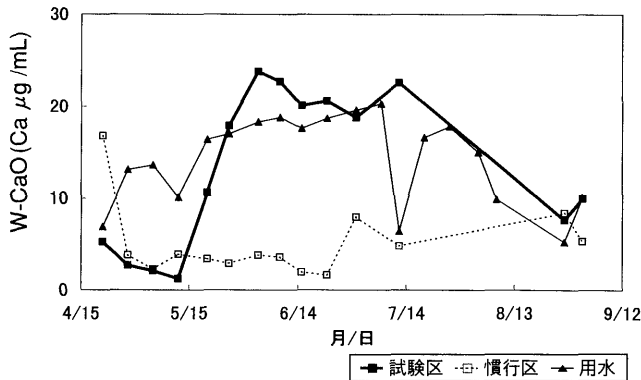


図12. カルシウム



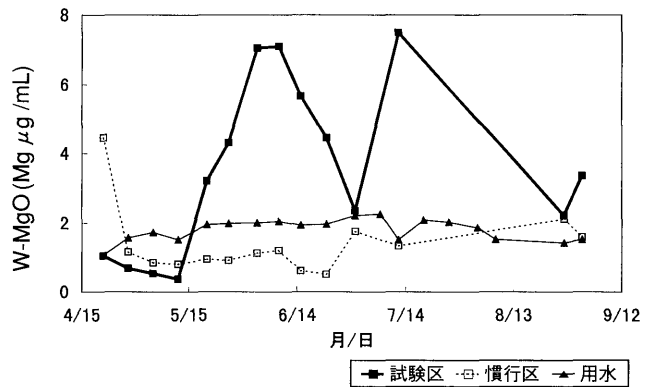
9) カルシウム (図12)

試験区は施肥直後は農業用水より低濃度であった。しかし、肥料の溶解と共に上昇し、農業用水と同程度の濃度で変動した。慣行区は施肥直後以外は低濃度で変動した。

10) マグネシウム (図13)

試験区は施肥直後は農業用水より低濃度であったが、肥料の溶解と共に上昇した。慣行区は施肥直後以外は低濃度で変動した。

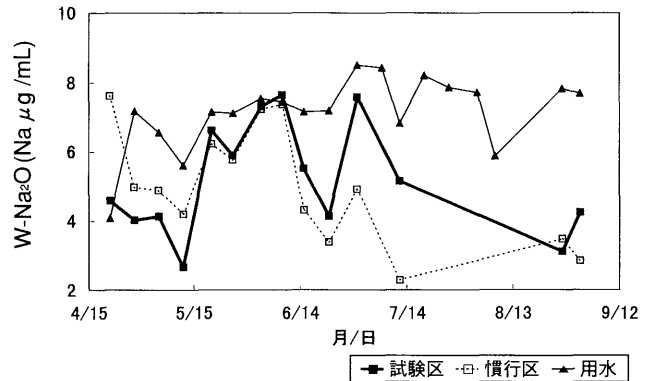
図13. マグネシウム



11) ナトリウム (図14)

試験区及び慣行区は、農業用水より低濃度で変動した。

図14. ナトリウム



12) マンガン (図15)

試験区及び慣行区は、農業用水と比較して高濃度で変動した。耕起及び除草剤散布により上昇する傾向が見られた。

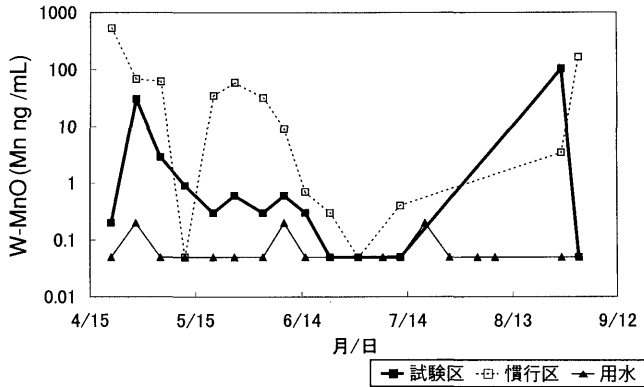
13) 鉄 (図16)

濃度変動の傾向はマンガンと類似していた。慣行区は試験区より高濃度であった。

14) アルミニウム (図17)

試験区及び慣行区は、農業用水と比較して高濃

図15. マンガン



で変動した。濃度の上昇は施肥及び除草剤散布作業との関係が推察される。

図18. ホウ素

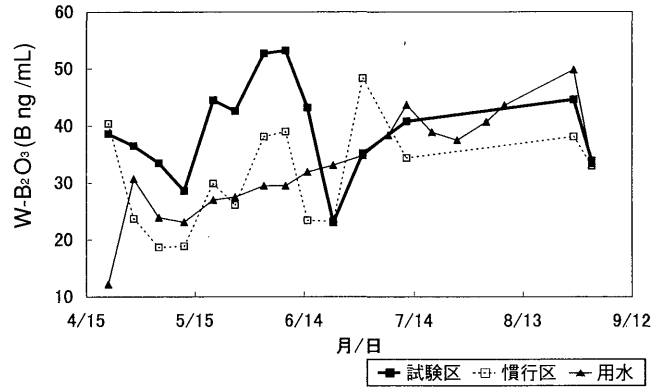


図16. 鉄

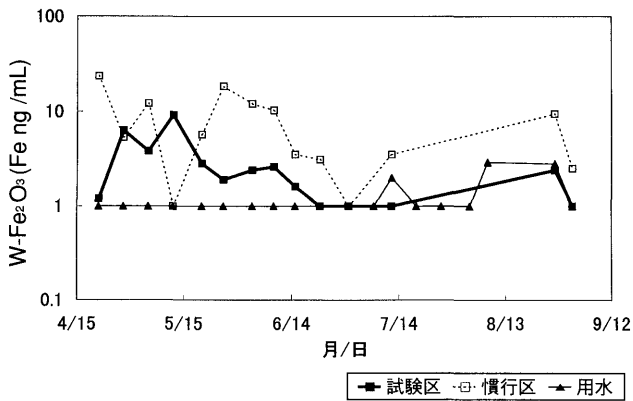


図19. 銅

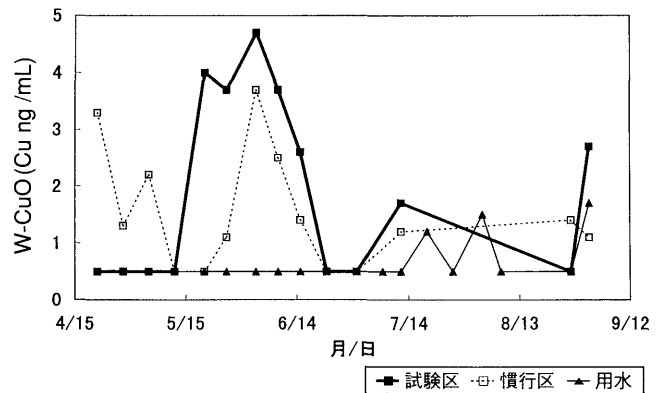
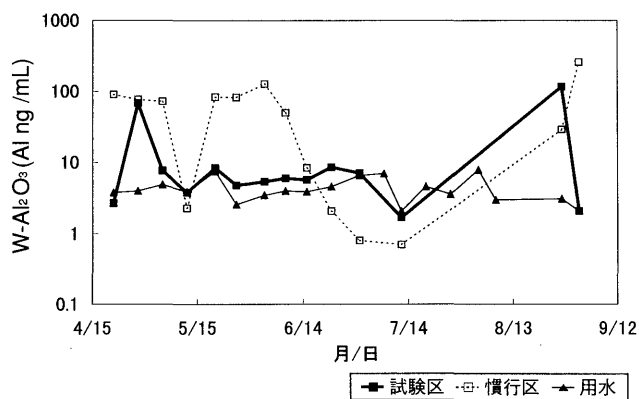


図17. アルミニウム



度であったが、落水後は低下し、その後再び上昇した。

15) ホウ素 (図18)

試験区は農業用水と比較して高濃度であったが、落水後は同程度で変動した。

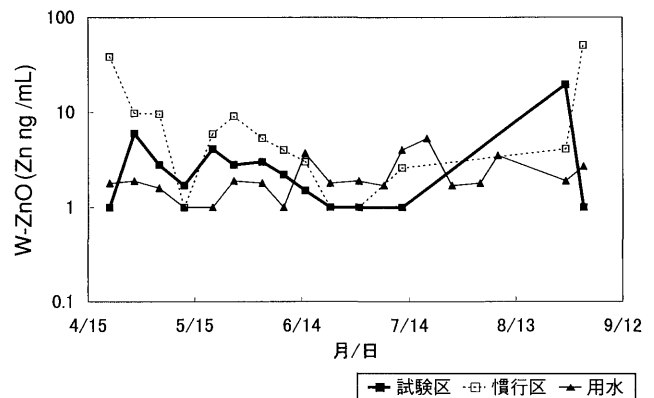
16) 銅 (図19)

試験区及び慣行区は農業用水と比較して高濃度

17) 亜鉛 (図20)

慣行区は農業用水と比較して施肥直後に上昇したが、その後は試験区、慣行区共に農業用水と同程度の濃度で変動した。

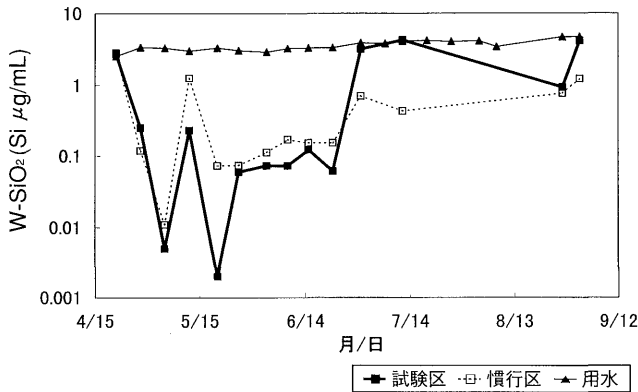
図20. 亜鉛



18) 珪酸 (図21)

試験区及び慣行区は農業用水と比較して、常に低濃度で変動した。

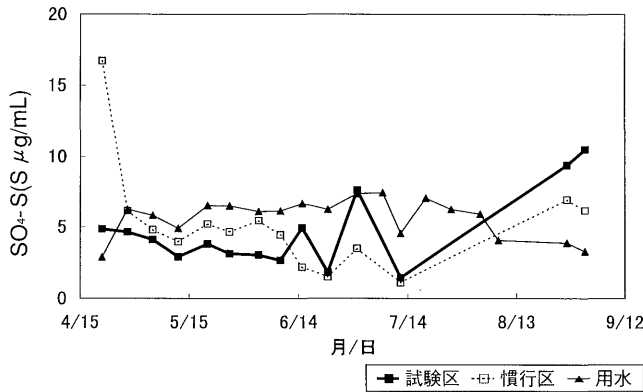
図21. 珪酸



19) 硫酸 (図22)

慣行区は施肥直後は高濃度であったが、5月下旬から8月下旬までは試験区及び慣行区は農業用水と比較して低濃度で変動した。慣行区の基肥に硫酸塩肥料が使用されているのが原因と考えられる。

図22. 硫酸

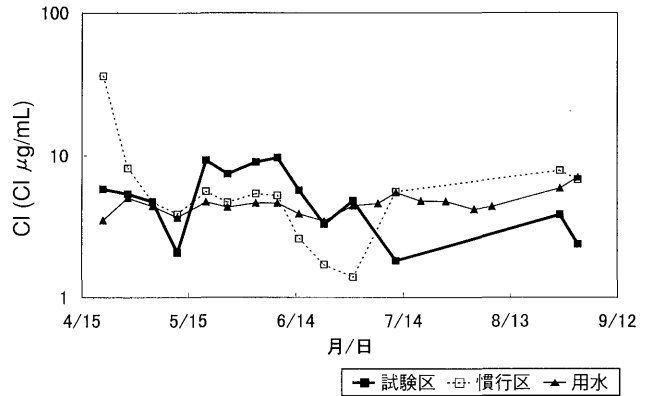


20) 塩酸 (図23)

慣行区は農業用水と比較して、基肥施肥直後は高濃度であったが、その後は低下し、追肥により再び上昇した。試験区は5月下旬から6月中旬ま

では農業用水と比較して高濃度であったが、落水と共に低下した。施肥に塩酸塩肥料が使用されているのが原因と考えられる。

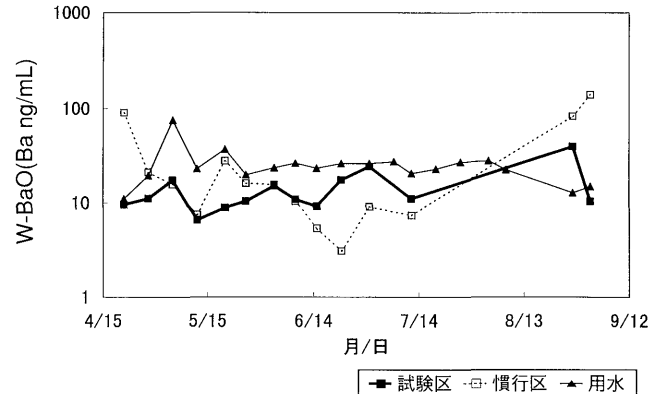
図23. 塩酸



21) バリウム (図24)

試験区及び慣行区は農業用水と比較して、若干低濃度で変動したが、収穫期になって水量が少なくなると上昇した。

図24. バリウム



22) 精玄米重と食味 (表 2)

試験区の穂数273本/m<sup>2</sup>は、慣行区385本/m<sup>2</sup>と比較して少なくなったが、精玄米重は慣行区410g/m<sup>2</sup>に対して試験区450g/m<sup>2</sup>と増収した。これは本手法で用いた育苗箱内施肥専用肥料(苗箱まかせNK301-100)が、初期の溶出は抑制されており、ある時期から本溶出を始めるシグモイド型の溶出パターンとなっている為であると考えられる。すなわち、育苗から田植え初期にはほと

表 2. 収量と食味

	収量調査		収量構成要素		食味試験		
	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	精玄米重 (g/m <sup>2</sup> )	穎花数 (×100m <sup>2</sup> )	登熟歩合 (%)	粘り	硬さ	評価
試験区	273	450	295	72	0.45	-0.30	0.45
慣行区	385	410	278	66	0.40	-0.15	0.65

注 試験場所：新潟県上越市桑取地区  
食味試験：穀物検定協会中央研究所 日本晴：0.00

写真. 現地圃場風景 1



写真. 現地圃場風景 2



んど肥料成分が溶出しない為、穂数が慣行区より確保できなかったのであるが、その後時限的に溶出したことで、1穂粒数が多くなり、結果的には増収となった。また、食味試験に於いても本手法の米は粘り、堅さでは優れていた。

#### 4. まとめ

1) 慣行栽培では、施肥時に多くの肥料成分が田面水に溶出していた。これらは、排水や漏水等と共に農業用水中へと混入し、農業用水中の各種成分濃度の上昇に影響を与えていると推察された。

2) 化成肥料の基肥及び追肥による慣行栽培では、施肥に由来する各種成分濃度の上昇が著しいのに対し、被覆NK化成肥料及び砂状熔成磷肥による育苗箱内全量基肥による本手法では、各種成分濃度は慣行栽培と比較して大幅に抑制された。

3) 山間部の保水性の良くない漏水の激しい水田に於いては、慣行栽培での施肥効率は極めて悪く、施肥された肥料成分の大部分は水稻に利用されることなく、水田外へ流亡していると考えられた。

4) 本手法は、水稻の株元に局所的に施肥、及び殺虫殺菌混合剤を施用するので、慣行栽培と比較して施肥効率を高め、さらに農薬の防除効果も良好であった。山間部の漏水の激しい水田に於いても本手法は、精玄米を増収させ、食味も向上させた。

5) 水稻収穫期に倒伏するような水田を調査すると、土壤中の可給態窒素が多く、加里成分が低い事例が多い。このような水田に本手法を活用し

ようとする、現在市販されている育苗箱内施肥専用型の被覆NK化成肥料は、本試験に用いたものの(30-0-10)の1銘柄しかないので、成分調整が必要となる。したがって、様々な土壌診断に対応した本手法に用いることのできる多くの銘柄が市販されることが望まれる。

#### 参 考 文 献

- 1) 三輪睿太郎：生産性を高めながら環境へも配慮したい  
肥料農薬レポート J A全農肥料農薬部 No146, P.7—10 (1996. 5)
- 2) 中島秀治：山間水田の肥培管理は楽になる  
北陸農業試験場ニュース No. 63 P.5 (1998. 12)
- 3) 中島秀治：高齢営農者でも可能な省力的稲作の確立をめざして  
農業および園芸 第74巻12号 (1999)
- 4) 農林水産省農蚕園芸局農産課編：土壌環境基礎調査における土壌、水質および作物体分析法 土壌保全調査事業全国協議会 (1979)
- 5) 農林水産省農業技術研究所：肥料分析法 (1982年版) (1982)
- 6) 日本分析科学会北海道支部編：水の分析 化学同人社 (1981)
- 7) 久保田正明：測定条件の最適化と分析値の評価「基礎から学ぶプラズマ分光分析法の新展開」  
プラズマ分光分析研究会 '95 筑波セミナー テキスト P.21~29 (1995. 7)