

メコンデルタにおける生活用水の雨季の水質について

—— ホア・トゥアン村における1996年8月の調査結果 ——

中 村 圭 三 ・ 立 澤 誘 一*

1. はじめに

メコンデルタの農業開拓史に関する調査団の一員として、1995年8月と、1996年8月にメコンデルタの生活用水について調査する機会を得た。メコンデルタの自然と農業に関しては、これまでに多数の研究がなされてきたが（例えば、海田:1975, Chiem:1994など）、この地域の農業を支え

る農民にとって、その生命線ともいべき飲料水などの生活用水の水質に関しては、ほとんど研究がなされてこなかった。今回は、1996年8月の調査結果について報告する。

2. 調査地域の概要

調査地域は、ベトナムのメコン河河口部の

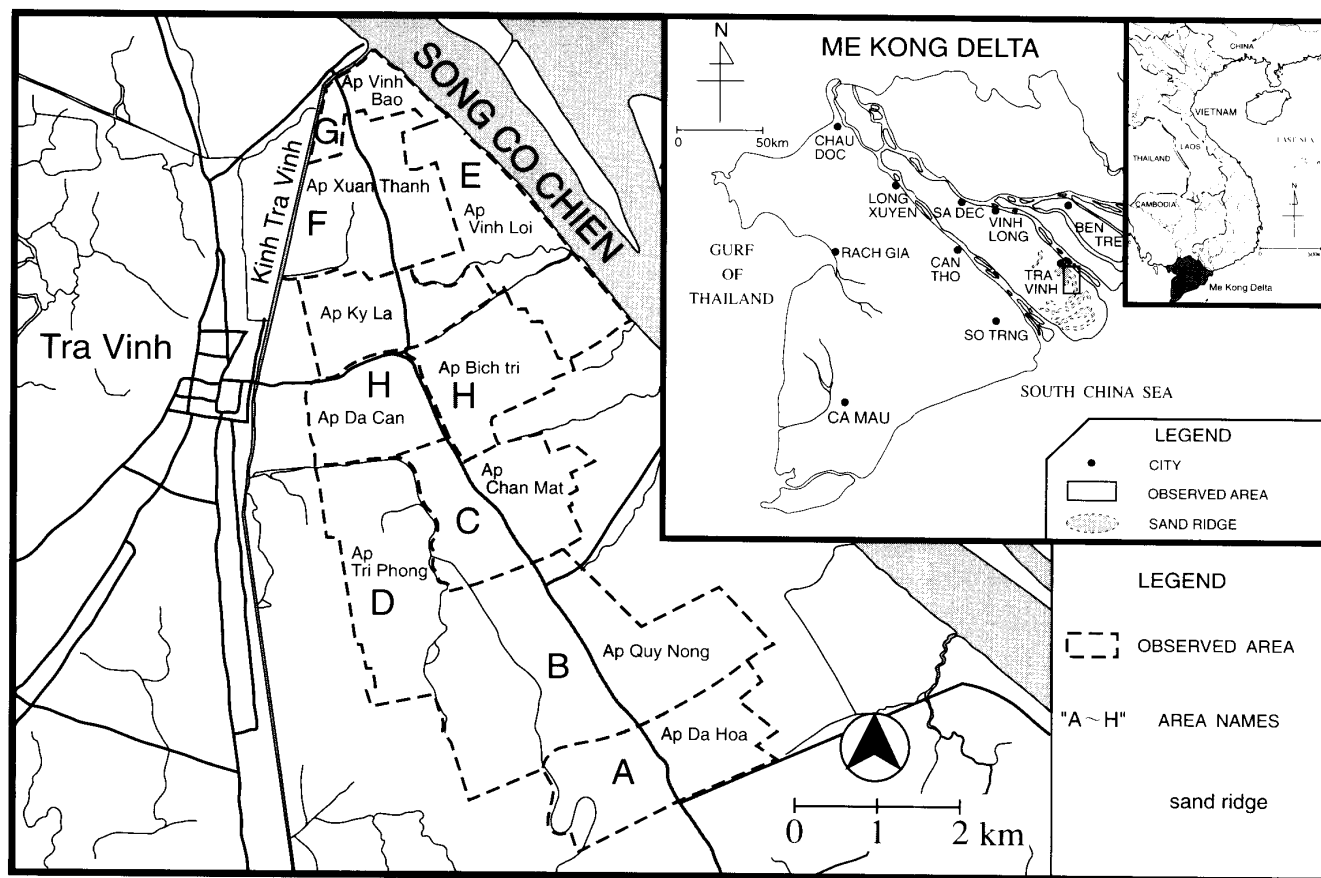


図1 観測地域

破線内が観測対象のホア・トゥアン村
村内中央をNNWからSSEに走る道路は砂丘列上に位置する

コ・チェン (Co Chien) 河とハウ・ザン (Hau Giang) 河に挟まれた中州にあるチャヴィン (Tra Vinh) 省チャウ・タン (Chau Thanh) 県のコ・チェン河に沿った南北約10kmのホア・トゥアン (Hoa Thuan) 村である (図1)。この村は面積2710ha、人口17180人(1995年10月現在)で、村のほぼ中央部を北北西から南南東に向かって標高2-3m、幅数百mの砂丘列が走る。この砂丘列上には集落が形成されていて、周辺には二期作の水田が広がる。調査は、1996年8月22日から30日までの期間に行われ、この間の降水量は11.1mmであった (図2)。1996年8月の降水量は少なく、1995年8月の約1/4の64.0mmにとどまった。

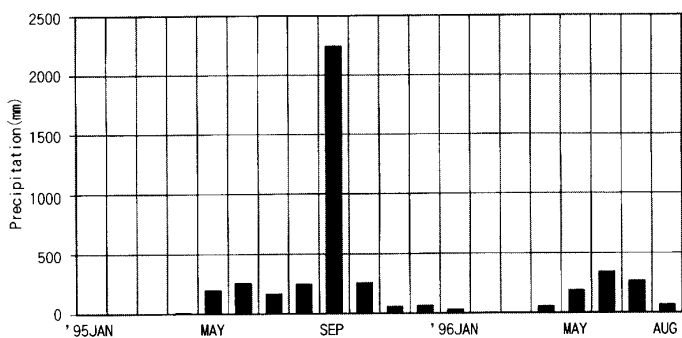


図2.1 チャヴィン市における1995年1月から1996年8月までの月降水量の経時変化

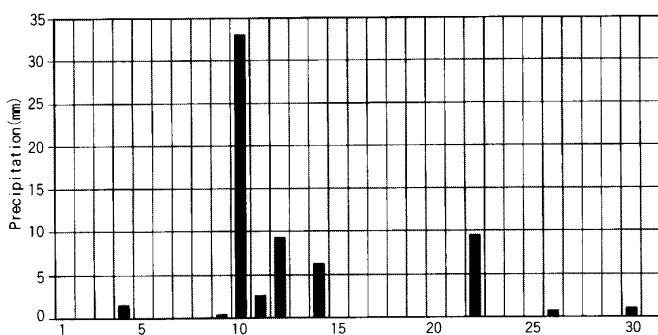


図2.2 チャヴィン市における1996年8月の日降水量の経時変化

3. 調査方法

ホア・トゥアン村には、浅井戸 (深さ3~5m) 459本、深井戸 (深さ80~100m) 71本が存在する (1996年8月現在)。今回は、この村で使用されている浅井戸15カ所、深井戸 (UNICEF等の援助により掘削) 16カ所、雨水5カ所、湧水池6カ所、運河・河川6カ所などの水質について調査した。ECは東亜電波・CM-14P型、pH、RpHは東亜電波・HM-14P型によって現地で測定した。

また、水質の分析は、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 PO_4^{3-} 、Fe、全硬度については、テストキット (HACH) により現地で分析した。さらに、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} については、サンプリングの後、島津製作所製イオンクロマトグラフ・LC-10A型で分析した。

4. 調査結果

4.1 砂丘列上の井戸の水質分布

メイン運河であるキン・チャヴィン (Kinh Tra Vinh) 運河と砂丘列の北端部との交わる地点を起点として砂丘列上を南へ約10kmまでの南北断面における、浅井戸と深井戸の成分分析結果 (図3) について検討することにする。

a) EC

浅井戸のECは、北端部では1000mS/mに達するが、その他の地点では8.5kmの550mS/mを除くと、すべて400mS/m以下である。一方、深井戸のECは、南部の200mS/mから北部に向かってほぼ直線的に増大し、北端部では浅井戸とほぼ同程度の約900mS/mに達している (図3.1)。

メコンデルタにおける生活用水の雨季の水質について

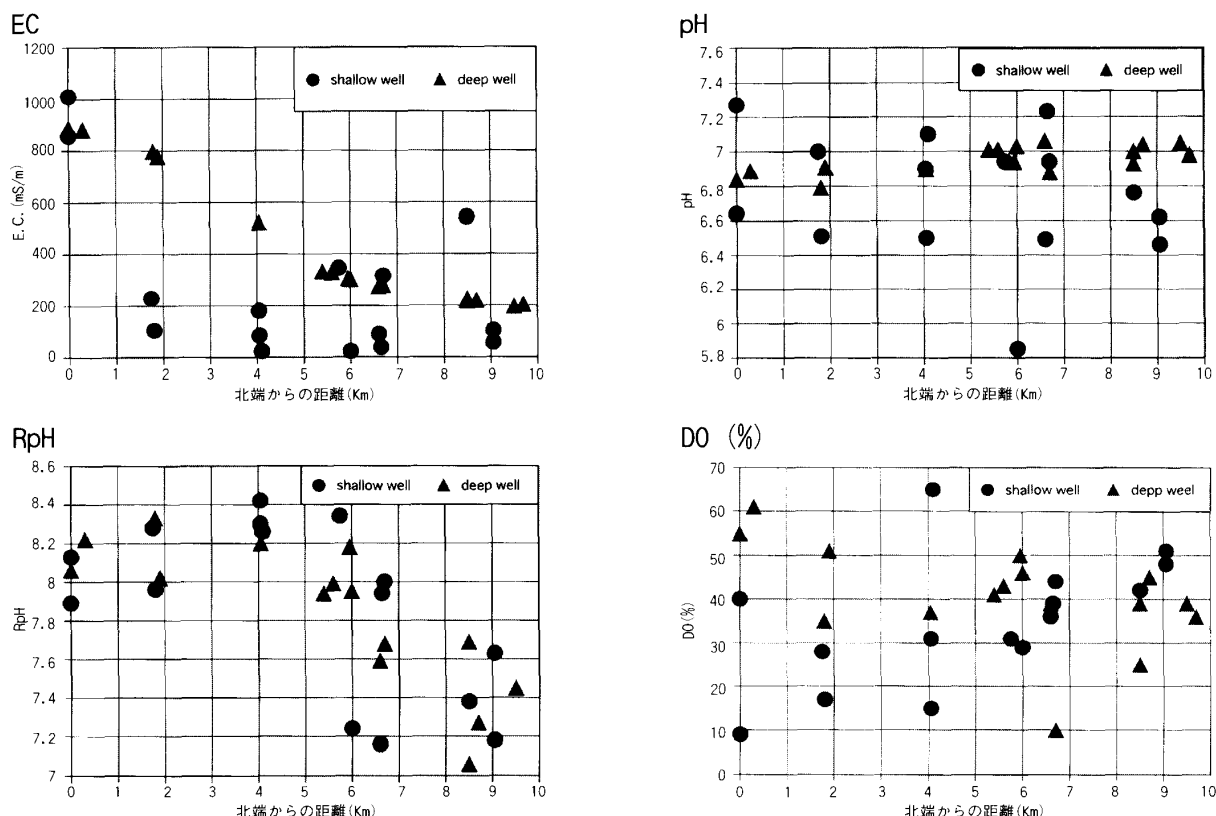


図3.1 1996年8月のホア・トゥアン村における浅井戸と深井戸の水質分布

b) pH、RpH

浅井戸では、6km付近にpH5.85があるが、その他の地点では、pH6.4～pH7.3の範囲にある。深井戸はほぼpH6.8～pH7.0の範囲にあり、しかも北端部から南部に向かってやや増加する傾向にある（図3.1）。

RpHは、浅井戸・深井戸ともに北端から5km付近までは7.8以上であるが、7km付近以南では7.8以下の値となっている（図3.1）。

c) DO (%)

浅井戸のDOについては、北端部の地点で10%と40%の値が測定されているが、この地点以南の6kmまでの地域では、4km地点の65%を除けば他はすべて30%以下であり、この間では深井戸よりも浅井戸の方が低い値となっている（図3.1）。6km付近の深井戸の値は40%から50%の範囲に集

中し、さらにその南側ではこの値よりも低い値を占めるものが多い。その結果として、深井戸のDOは北部から南部に向かって減少する傾向が認められる。一方、6km以南の浅井戸のDOは増加傾向にあり、全体的に深井戸よりも高い値を示す。

d) NH₃-N

浅井戸のNH₃-Nは、北端部で3～3.5mg/lを示す以外は、1mg/l以下である。深井戸では、すべての地点で2mg/lを超え、値は南から北に向かって増加し、北部では4mg/lに達する（図3.2）。

e) PO₄³⁻

0km、6km、8.5km地点の浅井戸では6mg/l以上の高濃度が観測されているが、その他の地点では、9km地点の浅井戸の2mg/lを除くと、浅井戸・深井戸ともに1mg/l以下であり、特に深井戸では、すべての地点で0mg/lまたはそれに近い値

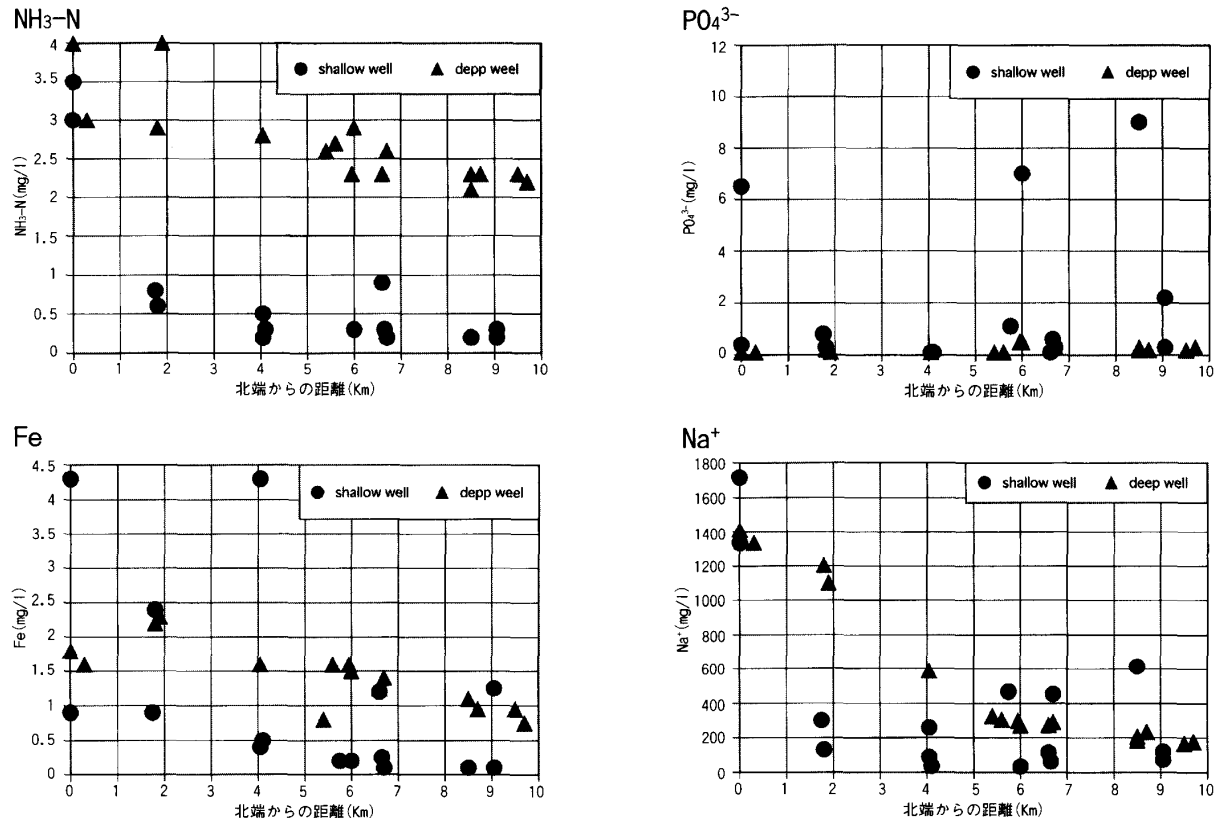


図3.2 1996年8月のホア・トゥアン村における浅井戸と深井戸の水質分布

であった。(図3.2)

f) Fe

浅井戸15カ所の内10カ所においては、1mg/l以下で、一つのグループを形成する。これらの値は北端部の1mg/lから南に向かって直線的に減少し、4km付近で0.5mg/l、9km付近で0.1mg/lに達している(図3.2)。このグループの濃度を上回る値を示す浅井戸では、北端部から4kmまでは2.4~4.3mg/l、6km以南では1.2~1.3mg/lを示す。深井戸の濃度は、北部の1.5~2.3mg/lから南部の0.7~1mg/lへと直線的に減少しているが、4km以南では、浅井戸の濃度よりも数倍高いことが多い。なお、日本における水道の水質基準においては、Feの濃度は0.3mg/l以下と規定されていて、この基準に適合するのは、約6km以南の浅井戸のみとなる。

g) Na⁺

浅井戸の濃度は、北端部で1300mg/l~1700mg/lと非常に高濃度であるが、その他の地点では、バラツキはあるが、600mg/l以下に減少する(図3.2)。また、深井戸の濃度は、北端部では浅井戸と同程度の1400mg/lであるが、2km付近では浅井戸の約4倍の1200mg/l、4km付近で約2倍の600mg/lと浅井戸の濃度を上回っているが、5km以南では300mg/lから200mg/lへと緩やかに減少し、深井戸との差はほとんどなくなる。ちなみに、日本における水道水のNa⁺の水質基準は200mg/l以下で、これに適合するのは、浅井戸の半数と8km以南の深井戸のみである。

h) K⁺

北端部から5.8km、6.8km、8.5km地点の浅井戸には80mg/lから180mg/lの高濃度のものが見られ

メコンデルタにおける生活用水の雨季の水質について

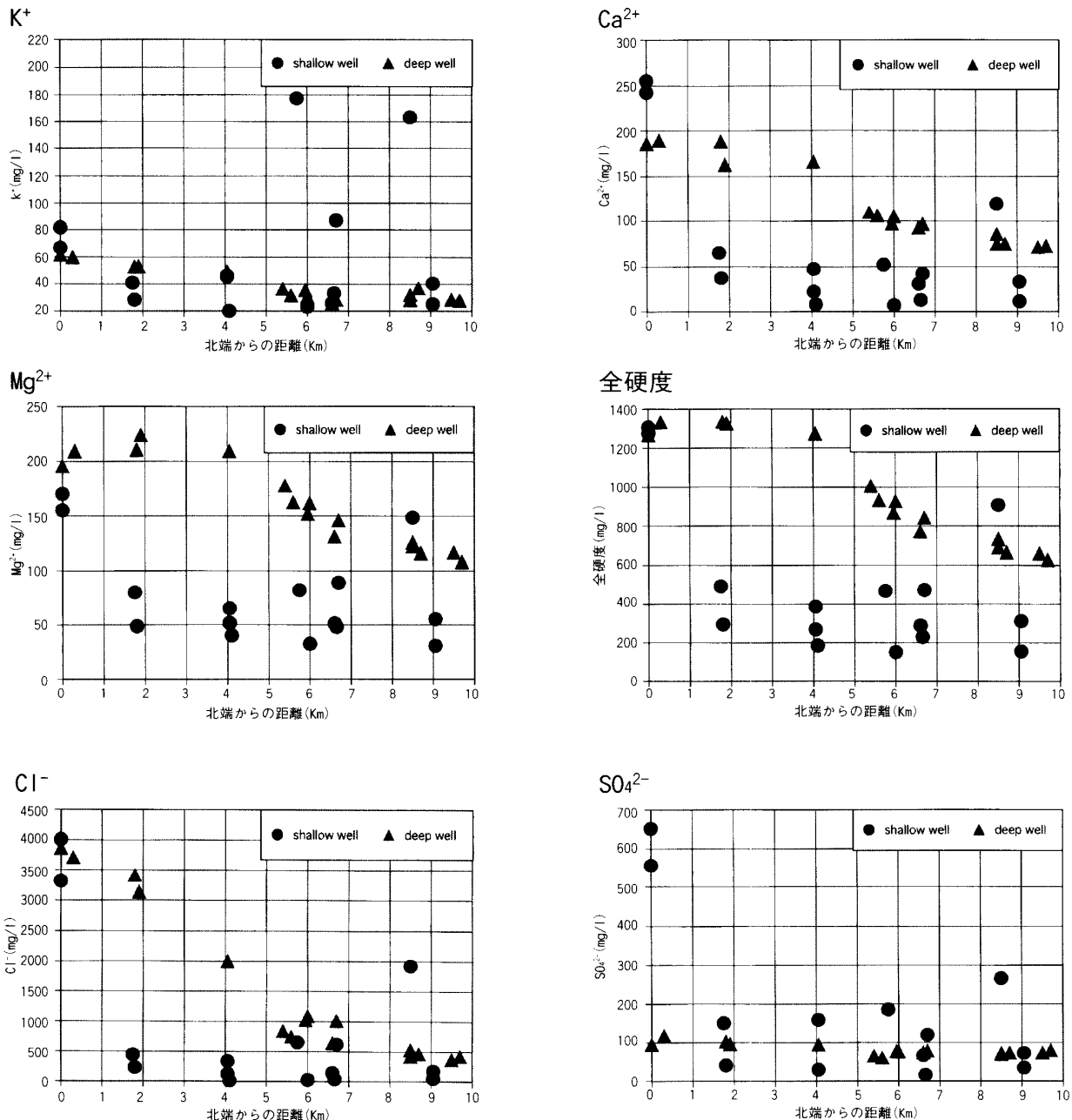


図3.3 1996年8月のホア・トゥアン村における浅井戸と深井戸の水質分布

る（図3.3）。その他の地点では、浅井戸と深井戸の値にそれほどの差はなく、北端部の60～80mg/lから次第に減少し、5km以南では40mg/l以下にとどまる。

i) Ca^{2+}

浅井戸の濃度は、0km地点で約250mg/l、8.5km地点で120mg/lである以外は60mg/l以下であり、場所による違いは少ない。一方、深井戸の濃度

は、浅井戸よりも全般的に高く、南部の70mg/lから北端部の190mg/lへと、ほぼ直線的に増加している（図3.3）。

j) Mg^{2+}

浅井戸では、0km地点が155～170mg/l、8.5km地点が150mg/lと、 Ca^{2+} と同じ地点の値が、他の地点の濃度よりも高くなっているが、その他の地点では、90mg/l以下となり、砂丘列上の場所的な

差異はほとんど認められない。一方、深井戸の濃度は、北端部から4km付近までは、ほぼ200mg/l以上の高濃度の水準に保たれ、それ以南では急激に減少して南端部では、100mg/lに近づく（図3.3）。

k) 全硬度

上記の Ca^{2+} および Mg^{2+} の濃度から全硬度(hardness)を計算し、その結果を図3.3に示す。分布型は Mg^{2+} に類似し、北端部では浅井戸、深井戸ともに約1300mg/lと同程度の高い値を示すが、浅井戸では、8.5km付近の900mg/lを除けばその他はすべて500mg/l以下である。深井戸の全硬度は、4km付近まで1300mg/l程度の高濃度を維持するが、それ以南では、南端部の600mg/lまで急減する。

l) Cl^-

Na^+ とほぼ同様の分布型を示す。ただし濃度は、全体的に Na^+ の2倍程度になっている（図3.3）。日本における水道水の Cl^- の水質基準は、 Na^+ と同様200mg/l以下で、これに適合するの

は、約半数の浅井戸のみである。

m) SO_4^{2-}

北端部の浅井戸は550~650mg/lであるが、その他の浅井戸は300mg/l以下である（図3.3）。また、深井戸の値は全般的に低く100mg/l以下であるが、傾向としては、北から南に向かって緩やかに減少している。

4.2 成分組成（トリリニヤダイヤグラム）

浅井戸、深井戸、雨水、湧水池、運河および河川のそれぞれの成分組成を知るためにトリリニヤダイヤグラムを作成した。図4.1に浅井戸と深井戸のトリリニヤダイヤグラムを示す。図中の白丸は標準海水の組成である。浅井戸の組成は、海水に近いものから淡水までばらつきが大きいが、深井戸では海水に近い組成のものが多い。図4.2は、同様に作成した湧水池と運河・河川のトリリニヤダイヤグラムである。この両者を比較すると、湧水池の方が海水に近い組成を示してい

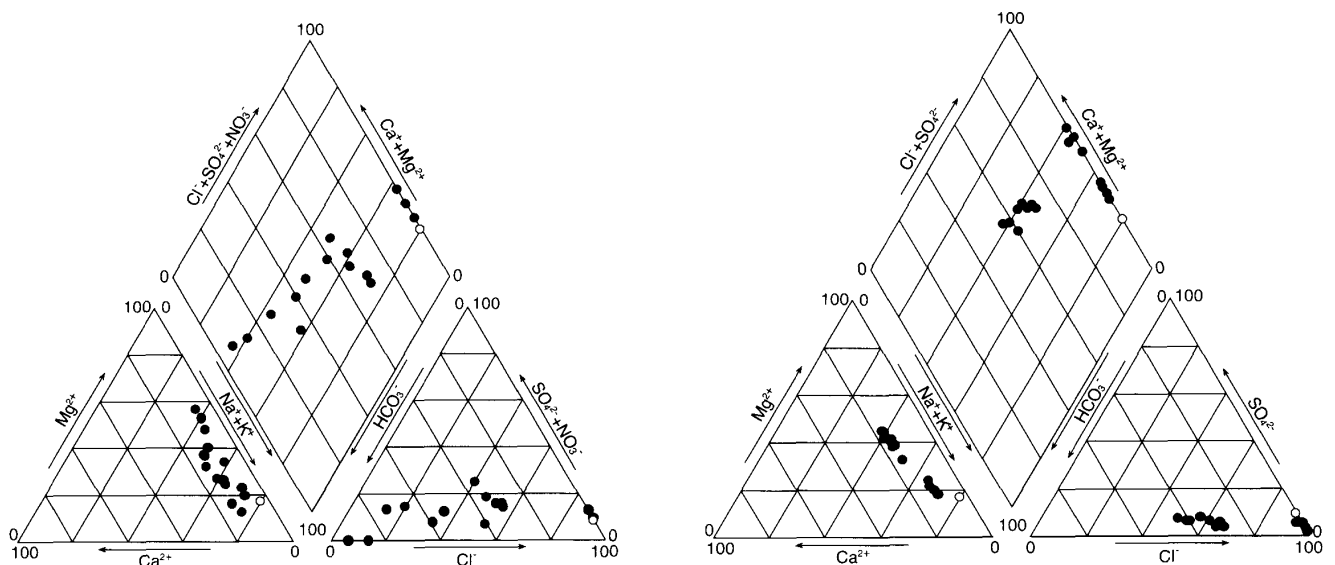


図4.1 1996年8月のホア・トゥアン村の砂丘列上における浅井戸と深井戸のトリリニヤダイヤグラム

左図：浅井戸 右図：深井戸

図中の白丸は、標準海水を示す（以下の図も同様）

メコンデルタにおける生活用水の雨季の水質について

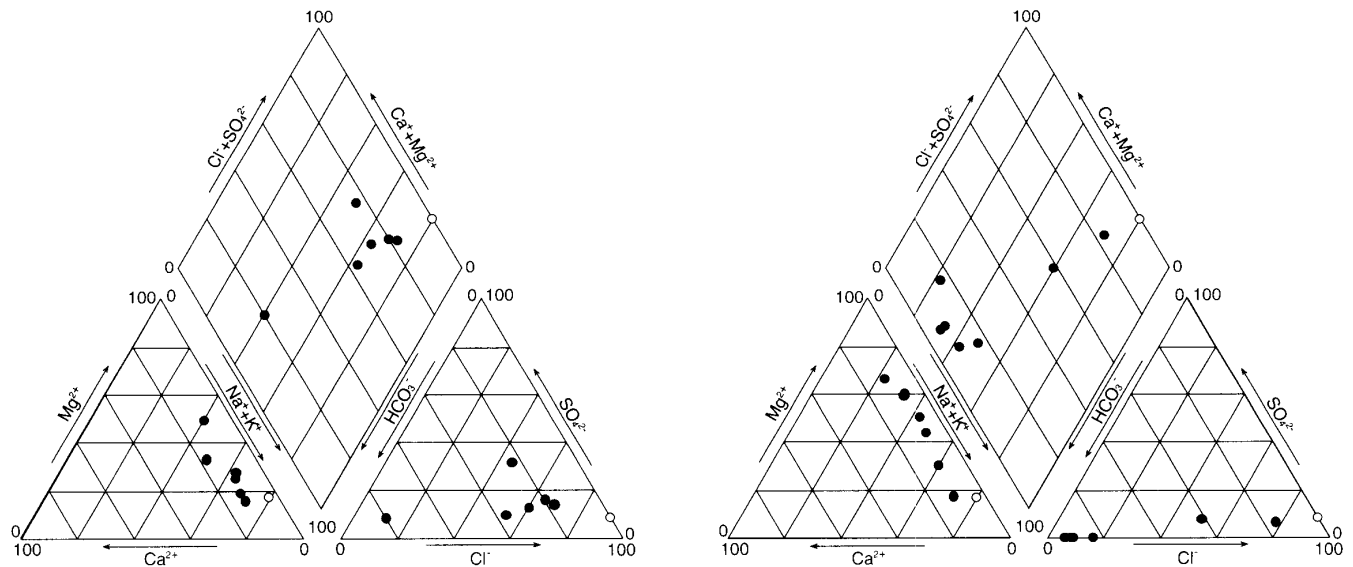


図4.2 1996年8月のホア・トゥアン村における湧水池と運河・河川のトリリニヤダイアグラム
左図：湧水池 右図：運河・河川

ることがわかる。

4.3 ヘキサダイアグラム

砂丘列上の集落で利用されている浅井戸、深井戸、雨水、湧水池、運河、河川などについて、砂丘列上の位置、生活用水の種類などによる成分濃度の差異を知るために、ヘキサダイアグラムを作成した。このダイアグラムでは、陽・陰イオンをそれぞれ次の3成分系にグループ分けした。

陽イオン： $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ， Ca^{2+} ， Mg^{2+}

陰イオン： $\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$ ， HCO_3^- ， SO_4^{2-}

濃度はmeq/lの単位で表示し、生活用水の種類ごとに、各調査地点のダイアグラムを北から順に配置した。

a) 浅井戸

北端部では、 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ が80meq/l、 $\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$ が115meq/lと、極めて高い濃度が現れている（図5.1）。この高濃度の状態は、1.75km地点では見られなくなり、これ以南の地点では、5.75km、

6.7km、8.5km地点に局所的にやや高い濃度が出現している以外は、全体として低濃度になっている。

b) 深井戸

北端部における $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ および $\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$ の濃度は、浅井戸の場合とほぼ同様にそれぞれ60meq/l、110meq/lを示す（図5.2）が、この高濃度の状態は南に向かって、4km付近の $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 25meq/l、 $\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$ 60meq/lまで徐々に減少する。その南側の5.4kmから6.7km付近までは $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 約10meq/l、 $\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$ 20～30meq/l程度の濃度が続き、さらに8.5km以南では、前者が10meq/l以下、後者も10～15meq/lと低濃度になる。これらのことより、砂丘列上の深井戸の成分濃度は、北端から4km付近までの高濃度、5.4kmから6.7km付近までの中濃度、8.5km以南の低濃度に3区分することが出来る。

c) 雨水・湧水池・運河・河川

図5.3に0kmから8.5kmまでの各測点における雨水の成分濃度を示す。この雨水は、雨季に

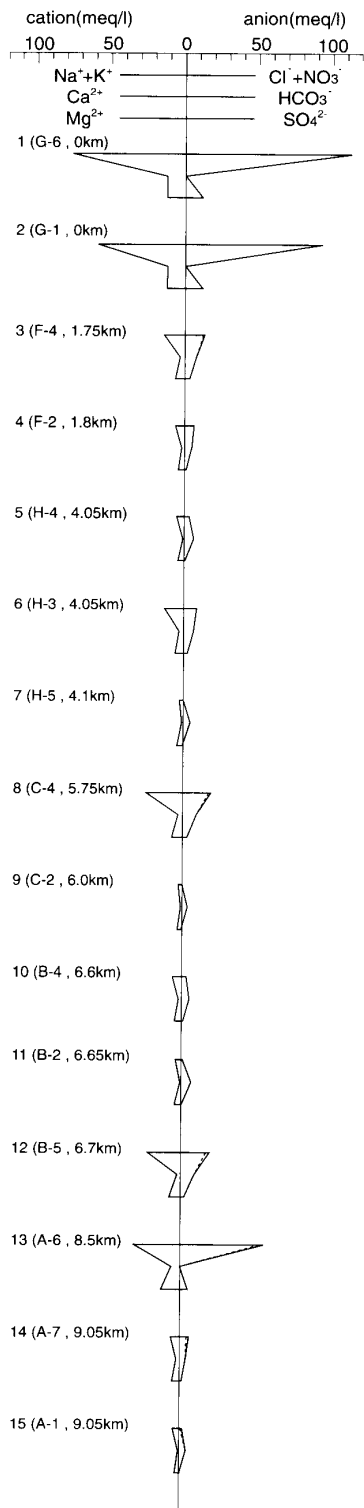


図5.1 1996年8月のホア・トゥアン村の砂丘列上における浅井戸のヘキサダイアグラム
ヘキサダイアグラムは、砂丘列の北端部から南に順に並ぶ（以下の図も同様）

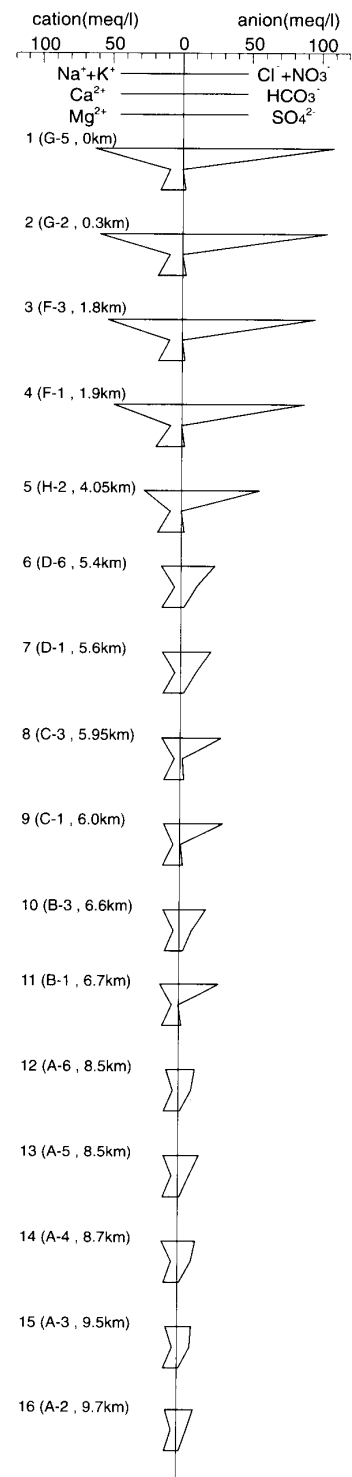


図5.2 1996年8月のホア・トゥアン村の砂丘列上における深井戸のヘキサダイアグラム

メコンデルタにおける生活用水の雨季の水質について

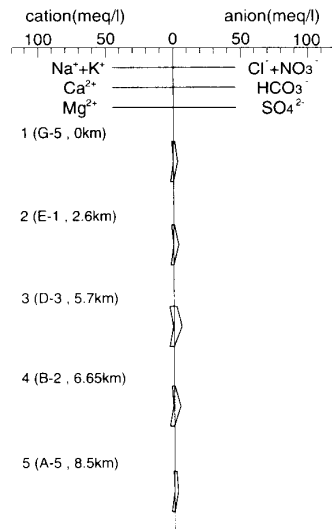


図5.3 1996年8月のホア・トゥアン村の砂丘列上における雨水のヘキサダイアグラム

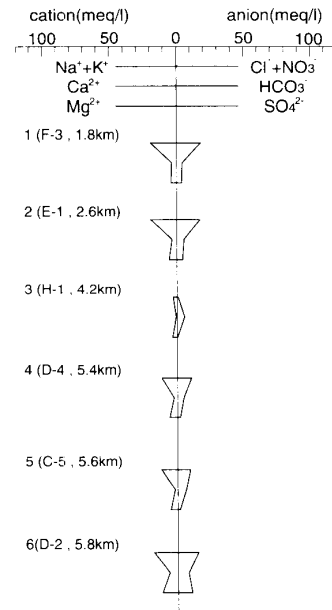


図5.4 1996年8月のホア・トゥアン村の砂丘列上における湧水池のヘキサダイアグラム

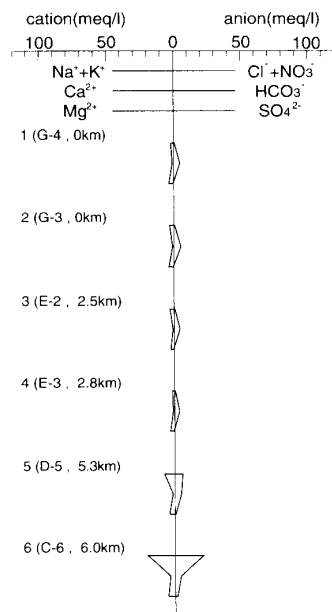


図5.5 1996年8月のホア・トゥアン村における運河・河川のヘキサダイアグラム

ニッパヤシで葺いた屋根に降った雨水を雨樋で瓶に導いて溜めたものである。そのため、この雨水には降水以外の成分も含まれてはいるが、その濃度は極微量であり、この地域における飲料水としては最も適したものといえる。

図5.4に示すように、湧水池の測点は北端より

1.8kmから5.8kmの地域に分布している。成分濃度は、4.2km地点の低濃度を除くと、深井戸の中濃度に相当する値である。

運河と河川におけるヘキサダイアグラムを図5.5に示す。この図の最北端の1(G-4)はコ・チェン河、2(G-3)はキン・チャヴィン運河、3(E-2)は幅10m程の運河、4(E-3)はコ・チェン河につながる運河、5(D-5)・6(C-6)は幅1～3mの小さな運河である。これらの運河・河川の水はいずれも濁度は高いが、その成分濃度は、小運河でやや高いのを除くと、雨水に相当する低濃度であることがわかる。

5. 考察

5.1 浅井戸と深井戸の水質の違い

砂丘列上における井戸のEC、全硬度、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 Fe 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- などの濃度は、北

端部を除き全般的に浅井戸よりも深井戸の方が高い。標高2-3mの砂丘列上に位置する浅井戸の地下水面は、ほぼ海面に近い高度と考えられる。この浅井戸の水源は、砂丘列上およびその周辺に降った雨が地中に浸透することによって涵養された自由地下水によるものと推察される。それに対して、深井戸においては、上記の各成分濃度が浅井戸よりも高いことから、深層に浸透した海水の影響を受けた被圧地下水を水源としているものと推定される。なお、北端部の浅井戸の成分濃度が高いのは、ここがコ・チェン河に近ので、海水の浸入しやすい場所であるためと考える。

5.2 深井戸の水質

深井戸の濃度は砂丘列上の南から北に向かって上昇していく。また、前述のように、砂丘列上の深井戸の成分濃度は、北部の高濃度、中部の中濃度、南部の低濃度に3区分される。この地域では、地質に関する資料は皆無に等しい。上記の深井戸に見られる現象が起こるのは、滞水層の差異によるものなのか否かを検討するために、砂丘列上における深井戸ごとの深さを示す図6を作成した。この図によると、成分濃度の高い北端部から4km付近までの深井戸の深さは86m～96mの範囲にある。また、中程度の濃度を示す5.4km～6.7kmまでの井戸の深さは80m～96mで、さらにその南側の井戸の深さは80m～98mと最も深さに差があるにもかかわらず、低濃度を示している。これらのことから、砂丘列上の深井戸の成分濃度が、北から南に向かって減少していくのは、滞水層の違いによるのではなく、砂丘列が南に行くほどコ・チェン河から離れ、海水の浸入による影響

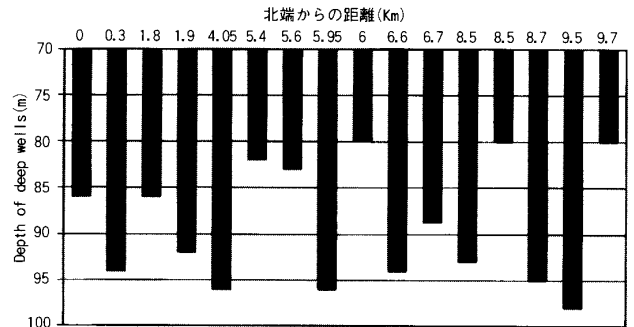


図6 ホア・トゥアン村の砂丘列上における深井戸の深さ
横軸は、砂丘列の北端部からの距離 (km) を示す

が少なくなるためであると推察される。

5.3 深井戸のNH₃-N

北端部を除く浅井戸のNH₃-N濃度が、1mg/l以下であるのに対し、深井戸のNH₃-Nの濃度は、すべての地点で2mg/l以上であり、しかもその濃度は南部から北部に向かって上昇している。この傾向は、他の成分濃度と同様であることから、深層に堆積した有機物のNO₃⁻が還元してできたNH₃が、浸入した海水とともに移流してきたものと推定される。

6. まとめ

1996年8月にメコンデルタの生活用水について調査した。その結果得られた主な知見は次の通りである。

1. 砂丘列上における井戸水のEC、全硬度、NH₃-N、Fe、Na⁺、Cl⁻などの濃度は、ほとんど浅井戸よりも深井戸の方が高い。また、深井戸のこれらの濃度は北から南に向かって低下していく。その原因としては、南に行くに従って、砂丘列が、コ・チェン河から離れていくた

メコンデルタにおける生活用水の雨季の水質について

めと考えられる。

2. $\text{NH}_3\text{-N}$ の値が、浅井戸よりも深井戸で高いのは、深層に堆積する有機物に起因しているものと考えられる。
3. 浅井戸では、北端部から約1kmまでの地点の水質は海水に近い濃度を示すが、それ以南の濃度は急激に低下する。
4. 深井戸の成分濃度は、北端部から約4km付近までの高濃度、約7km付近までの中濃度、それ以南の低濃度に3区分できる。

謝 辞

本論文の作成に当たり、茨城キリスト教大学飯田貞夫教授、筑波大学田瀬則雄助教授、法政大学小寺浩二講師から貴重なご教示を頂きました。ここに記して深謝いたします。

なお、本研究の概要は、1997年3月29日の日本地理学会春季学術大会で発表した。

本研究には、文部省科学研究費国際学術研究：研究代表者、高田洋子「平成7・8年度 メコン・デルタ農業開拓の史的研究 課題番号07041031」を使用した。

参考文献

- 海田能宏（1975）：デルタ稲作農業の自然環境とデルタの開発構図，東南アジア研究，**13**, 58-74.
- N.H. Chiem(1994) : Former and present cropping patterns in the Mekong Delta. Southeast Asian studies, **31**, 345-384.

* 本研究所特別研究員

ABSTRACT

Water Quality of Wells in Me Kong Delta in the Rainy Season

Keizo NAKAMURA and Yuichi TATUZAWA *

The survey of the water quality of wells was carried out in Hoa Thuan village in Me Kong Delta of Viet Nam, August 1996. The village is situated beside the mouth of the Me Kong River. The wells are on the sand ridge which extends from north to south. The results are summarized as follows:

- 1) The electric conductivity, the concentrations of $\text{NH}_3\text{-N}$, Fe and Cl^- , the hardness and so on of the water of the deep wells are higher those of shallow wells. Those values of the deep wells on the sand ridge decrease as the well stands apart from the other toward the south. This is considered to occur from increase of the distance between the sand ridge and Co Chien River.
- 2) The value of $\text{NH}_3\text{-N}$ in the deep well is higher than that of shallow well, and this is caused by the organic matter which is accumulated in the deep layer.
- 3) Excepting the well in the northern part which have water like sea water with respect to the salinity, the shallow wells have water exhibiting the low level salinity.
- 4) The deep wells are classified into three groups according to the water quality, that is, the well highly contaminated (located on the north end of the ridge to about 4 km point toward the south), medially contaminated (located to about 7km point) and low contaminated (located to about 10 km point).

* Guest researcher