

## 2) 窒素安定同位体分析

湧水・表流水の水質分析結果から硝酸性窒素等の上昇は、茶畑等での施肥による影響が推察されたが、この結果を検証するために窒素安定同位体比法による分析を茶畑の土壌、1 表流水（長尾沢）及び 2 湧水の3試料を対象に実施した。

窒素安定同位体比法の分析結果を表 4-2-3 に示す。今回の分析値は、畑地耕土や農地の地下水の一般的な範囲（+2 ~ 8 ‰程度）に入っている。つぎに、茶畑の土壌と 2 湧水の分析値がほぼ同程度の値を示していることから、集水域尾根部にある茶園での施肥の直接的な影響が 2 湧水に出ていること（茶畑起源の窒素成分による汚染）が推定される。また、1 表流水（長尾沢）と 2 湧水の分析値が異なることは、両地点の集水域や雨水の涵養流出機構が異なることを示唆している（図 4-2-11）。

表 4-2-3 窒素安定同位体比法による分析結果

試料採取地点	$^{15}\text{N}$ 値 (‰)
茶畑の土壌( 地表面下約 1m )	4.7
1 表流水 (長尾沢)	7.9
2 湧水	4.9

## 3) 電気探査・ボーリング調査

調査対象地の水理地質構造、特に表層土（風化帯）の厚さ及び基盤岩の形状を調査し、地下水の涵養・集水構造を明らかにする目的で電気探査・ボーリング調査を実施した。また、ボーリングコア試料を観察・分析し、層相変化や窒素濃度の鉛直分布を明らかにした。

電気探査の結果、尾根部の茶畑では地表部から砂岩・礫岩の強風化層が約 20m、風化砂岩・礫岩の互層が 20m 以深に分布することが明らかになった（図 4-2-11）。茶畑のうね間で実施した深度 10m のボーリングコア写真（図 4-2-13）をみると、地表面から約 2 m までが畑地土壌層、2 m 以深は砂岩・礫岩を母岩とする強風化層が 10m まで続く。この強風化層は透水性が良いものと考えられる。また、茶樹の毛根は約 1.1m 付近まで観察された。



図 4-2-12 ボーリング調査



図 4-2-13 ボーリングコア写真

ボーリングコア分析結果（図 4-2-14）によると、pH は 3 m 付近までは 4 ~ 4.5 と強酸性を示し、4 m 以深では 5.8 ~ 6.4 であった。その他の項目は地表面で高い値を示し、いったん低下するが 1 m 前後で最大値を示した。1 m 以深では漸減傾向を示し、4 m より深部ではほぼ一定の値で推移する特徴が確認された。

地表面に浸透した降雨は、図 4-2-11 に示すように強風化層を経由し涵養され、風化砂岩・礫岩の互層の割れ目や節理中に賦存・流動し、湧水として流出していると推定される。

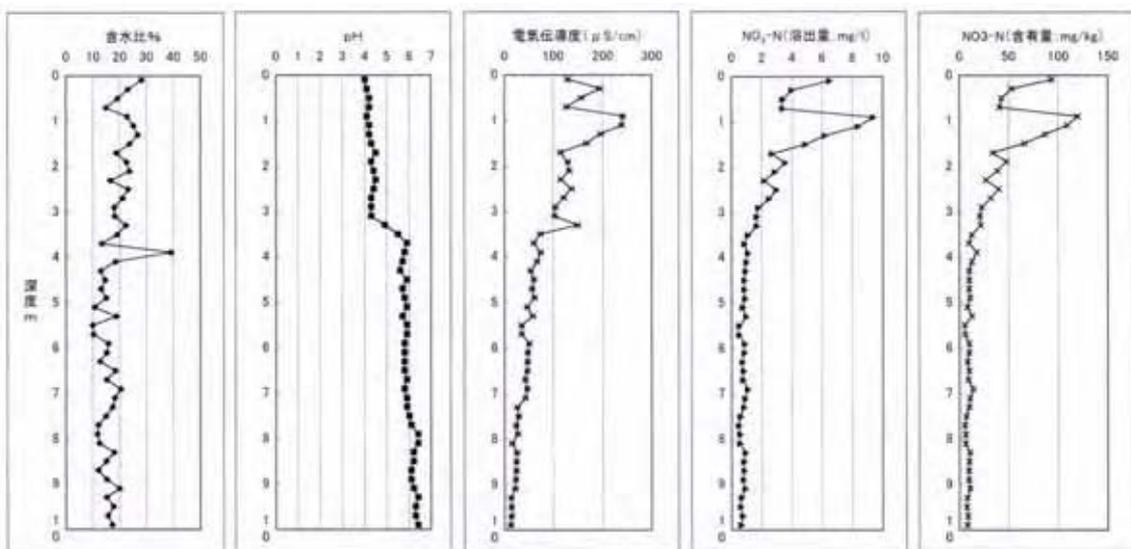


図 4-2-14 ボーリングコアの窒素成分等分析結果

#### 4) 土壤浸透水調査

調査対象地の茶畑において、土壤浸透水に含まれる窒素成分の季節変化を把握するために、ポラスカップ法により土壤浸透水を採水・分析した。調査地点は、図 4-2-3 の 印、図 4-2-15 の詳細地点位置を示す空中写真上の 印で行った。

調査地点の選定は、調査対象地内にある茶畑は全て経営農地であるため、調査に

協力いただける茶園で農作業に支障のない形で調査器具を設置できる場所を選定した。調査は、2地点で各5深度(0.2、0.4、0.9、1.4、2.0m)について、毎月1回行った(平成12年4月~平成15年2月の35ヶ月間)。分析項目は窒素成分及びpHとした。深度0.2m及び2.0mについては平成13年8月から採水・分析を開始した。

ポラスカップは図4-2-16に示すように茶畑のうね間中央に設置した。検土杖で該当深度まで穿孔した後、ポラスカップを挿入し、茶樹の株元に三角フラスコを置き活栓と採水チューブを接続した。現場ではバッテリー式の真空ポンプで三角フラスコ内を吸引減圧し、約1ヶ月間放置した後、フラスコ内にたまった水を分析した。

図4-2-16に示すようにポラスカップを設置した茶畑のうね間は約30cm、茶樹は幅約150cm、茶の根茎は深さ約1mまで及んでいる。調査地の茶園の施肥は、うね間に施用され、施用後の耕起は行われていない。平成14年の施肥実績で10a当たりの窒素分量は55.3kgであった。実際、肥料はうね間の30cmに施用されるので、施肥面積は10aの6分の1、約1.7aに55.3kgが施肥されていることになり、うね間の窒素負荷量が特に多いことがわかる。

図 4-2-15 土壤浸透水の採取地点位置図

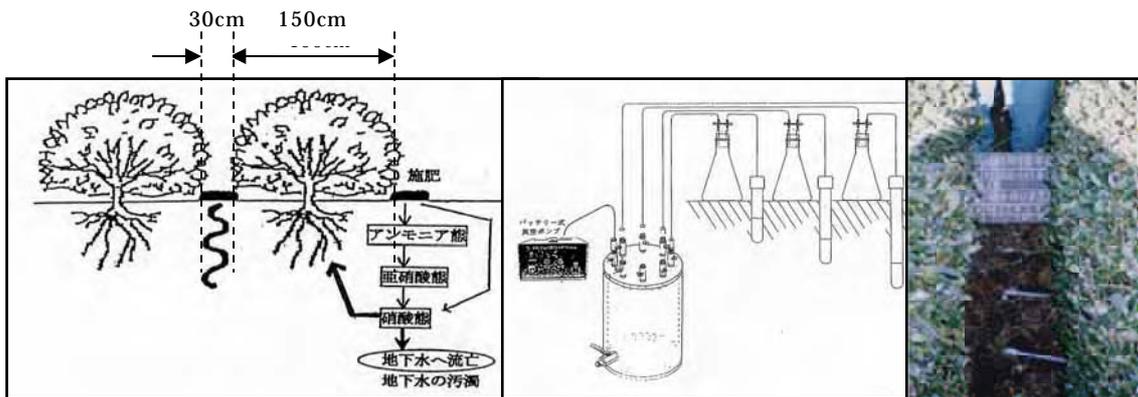


図 4-2-16 茶園施肥のイメージ図と土壌浸透水採取システム

分析結果の時系列・深度別の水質濃度分布図を図 4-2-17～図 4-2-18 に示す。図は上段から、調査地区の日降水量、水質濃度分布（pH、有機態窒素、アンモニア態窒素、硝酸性窒素）、原地区の平均地温（清水市農協測定）を示した。

水質濃度分布図は横軸に時間軸を、縦軸に深度軸をとり、土壌浸透水の採取日・深度に該当するデータをプロットし、濃度コンターを図示した。

また、調査地茶畑への施肥の時期を図上に矢印で示した。調査期間中の施肥回数は、平成 12 年は黒丸数字の 5 回、平成 13 年は赤丸数字の 8 回、平成 14 年は青丸数字の 7 回、平成 15 年は緑丸数字の 1 回の合計 21 回であった。各濃度分布図より以下の特徴が判明した。

水質濃度分布は約 1 ヶ月の採取日間に採水された土壌浸透水の平均濃度を示しているが、その濃度は、地表部での施肥による窒素負荷量、降水量及び土壌水分状況で濃度分布が決定される。

2 地点の濃度分布図から、項目毎の濃度範囲や濃度分布は類似しているが、濃度レベルに若干の違いがみられる。これは、地表部での施肥による窒素負荷量のばらつきあるいは土壌条件のちがいによるものと考えられる。

サンプリング開始当初、アンモニア態窒素及び硝酸性窒素濃度が高い値を示しているが、ポラスカップ設置時の攪乱の影響が出ていると考えられる。これは、ポラスカップの径より若干大きい径で穿孔してから設置するため孔壁とポラスカップ間の間隙が大きく地表部の濃い水がポラスカップ設置深度に到達しやすい状況で濃度が高くなるためであり、時間とともに土圧でポラスカップと孔壁の密着度が高まり該当深度での浸透水が安定して採水されるようになったものと推測する。

ポラスカップ法による調査において、深度 0.2m 及び 2.0m は平成 13 年 8 月から調査を開始しているが、これにより、次のような土壌浸透水の水質分布が新たに明らかになった。

- ・ 深度 0.2m を調査することによって、地表面に近いところで、pH は 3 ～ 4 の範囲を示し、地表面ほど強酸性であることがわかった。

- ・有機態窒素の高濃度は、夏肥、秋肥後に現れ、その深度は 40cm までに限られる。また、深層部ほど濃度が低くなる傾向を示している。
- ・アンモニア態窒素は、施肥後に高濃度部が現れ、その深度は 20cm までのごく浅い部分に限られる。
- ・硝酸性窒素は、有機態あるいはアンモニア態の形で施用された肥料が、地表部のごく浅いところで微生物分解や硝化の過程を経て、硝酸性窒素に変わっていることがうかがえる。また、深層部ほど濃度が低くなる傾向を示している。ただし、深度 2.0m でも 50mg/L 以上の高濃度の土壌浸透水の存在が確認されていることから、植物の栄養素として使われずに窒素成分が流亡していると考えられる。図中、濃度の濃い部分の出現が深部ほど遅れて出てくる傾向がみられる。

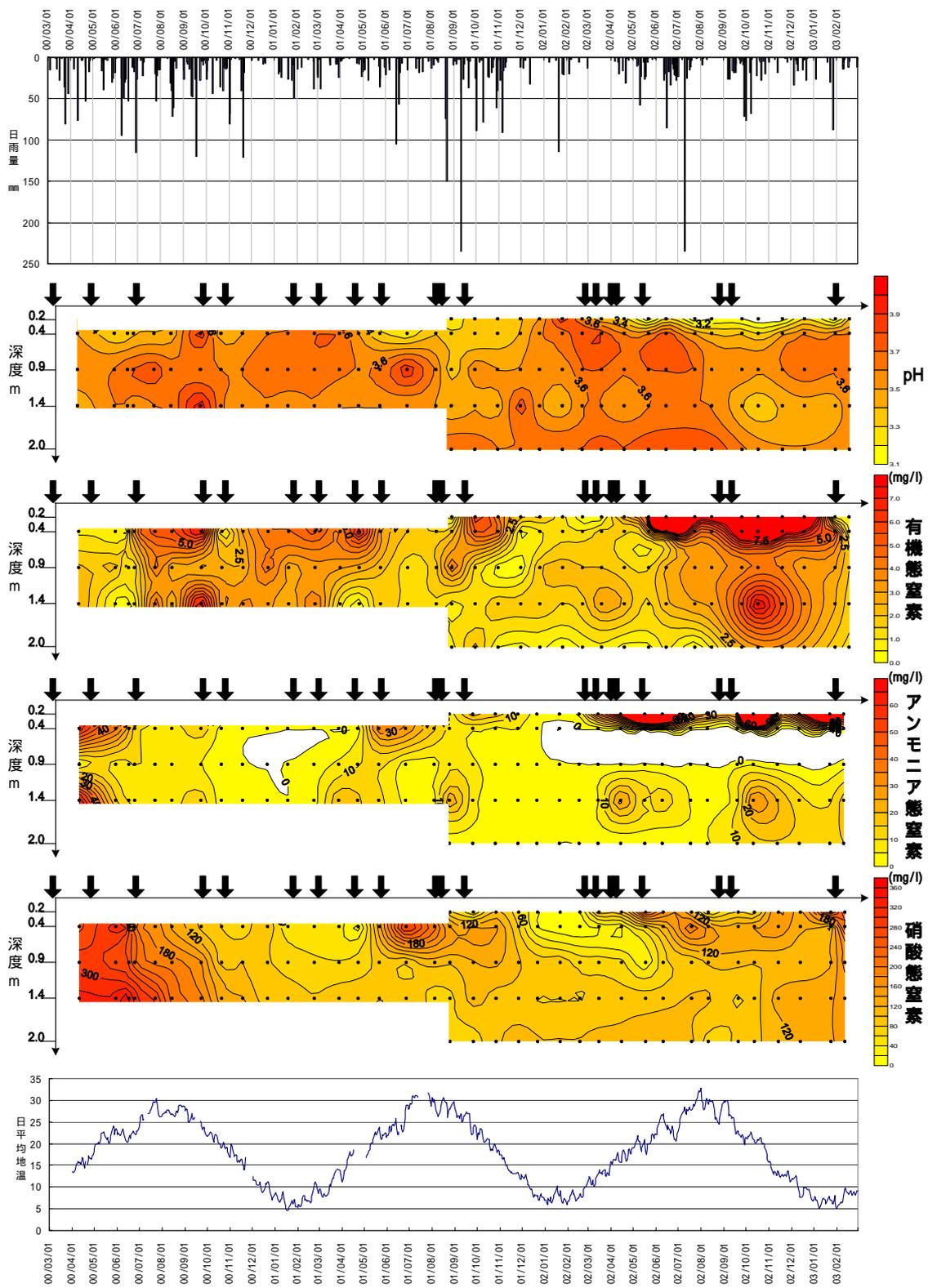


図 4-2-17 土壌浸透水の時系列・深度別の水質濃度分布図（ホーラスカップ 1 地点）  
 （丸数字と矢印は施肥のタイミングを示す。日平均地温データは J A 提供。）

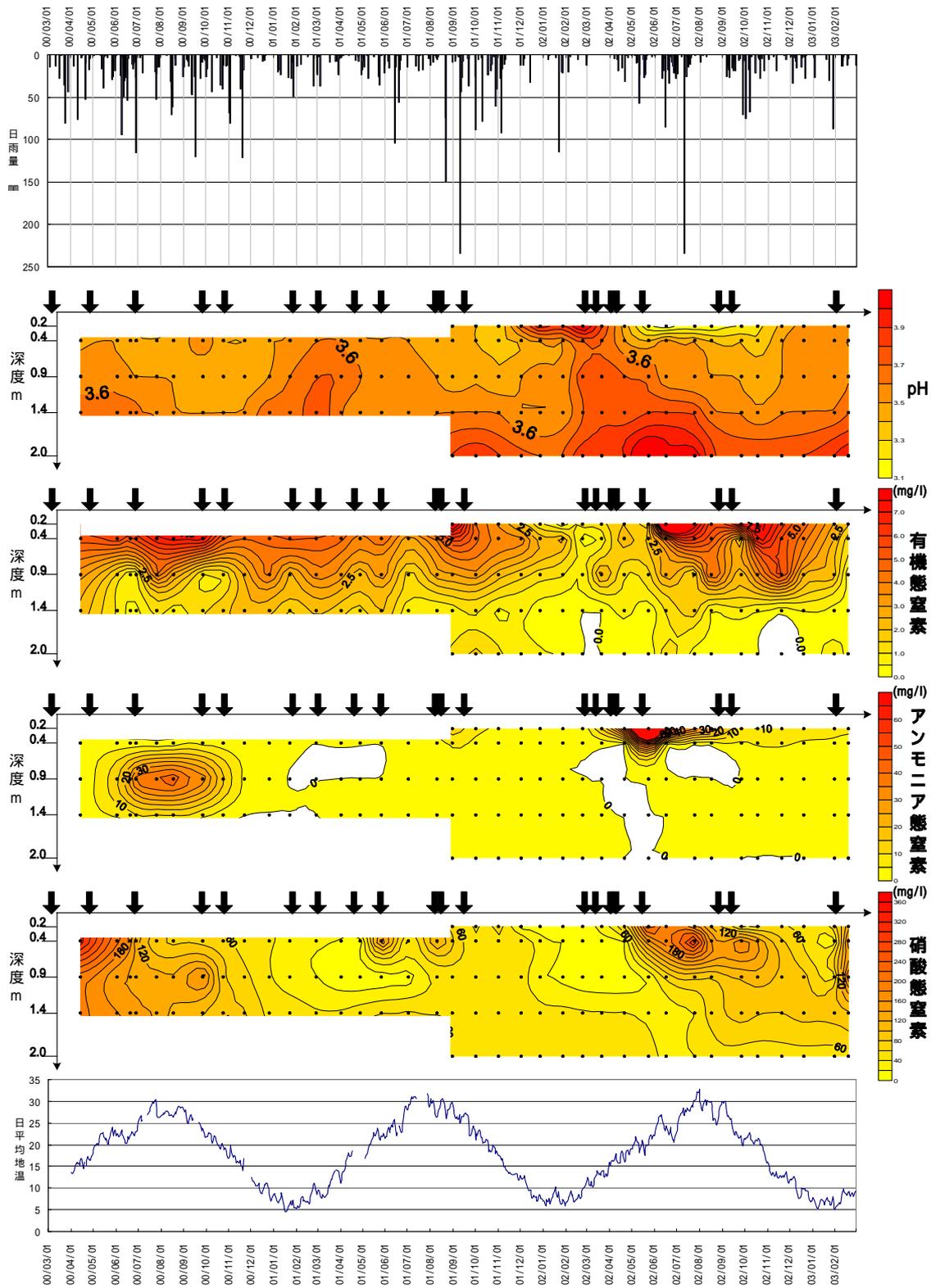


図 4-2-18 土壌浸透水の時系列・深度別の水質濃度分布図（ホーラスカップ 2 地点）  
（丸数字と矢印は施肥のタイミングを示す。日平均地温データは J A 提供。）