

6) 熊本市周辺畑地における土壌溶出試験

—ボーリングコア試料を使用したイオン成分・重金属成分溶出試験—

永田 武史 前田 敏孝 藤本 貴大* 上本 清次**

要 旨

硝酸性窒素の地下水への浸透状況を把握するために、合志市竹迫及び熊本市戸島の畑地のボーリング調査で得られたコア試料を入手し、イオン成分及び重金属成分の溶出試験を実施した。硝酸イオン溶出量の深さ方向に対する分布について地点間に違いが現れ、戸島においては深さ 7.5m 以上における溶出量が竹迫と比較して大きい傾向を示した。重金属成分については鉄、アルミニウム等の溶出量が深さ 6.5m 以上で増大した。この変化は土壌の性状によるものと考えられた。

キーワード：硝酸性窒素，土壌溶出試験，ボーリングコア試料

はじめに

熊本市周辺では生活用水のほぼ 100%を地下水に依存しているが、近年、過剰な施肥、家畜排せつ物の不適正な処理水等が原因と推測される、地下水中の硝酸性窒素等の上昇が見られ、環境基準を超過する事例も見られる^{1),2)}。地下水中の硝酸性窒素汚染への対策が喫緊の課題となっているが、有効な対策を実施するためには、汚染物質の地下水への浸透状況を把握することが重要である。

平成 26 年 11 月、熊本県環境保全課及び国立大学法人熊本大学大学院自然科学研究科水文学・嶋田研究室が合志市竹迫及び熊本市戸島において不攪乱土壌ボーリングによるボーリングコア試料の採取を実施した。その際採取された土壌試料の一部を入手することができたため、硝酸性窒素削減対策に資する基礎資料を得ることを目的として、土壌の溶出試験を行ったので、その結果について報告する。

調査地点

図 1 に調査地点及び名称を示す。今回の調査は合志市竹迫地区及び熊本市東区戸島地区の畑地(各 1 地点。以下それぞれ「竹迫」及び「戸島」と記す。)で実施さ



図 1 調査地点

れた。調査地点の概況は次のとおりであった。

1 竹迫

調査地点は、合志市役所近くの飼料用のトウモロコシ畑であり、周辺の畑地ではトウモロコシのほか麦も栽培されている。土地所有者によると調査地点ではトウモロコシを年 3 回収穫しており、調査時は、収穫の直後であった。トウモロコシの栽培に際し、酪農で得

*現健康福祉部健康危機管理課

**現健康福祉部薬務衛生課

られた家畜ふん尿や化学肥料が使用されているが使用量等の詳細な情報については得られていない。

2 戸島

調査地点及び周辺は飼料用のトウモロコシ畑であり、春から秋にかけてトウモロコシを栽培し、秋・冬から春にかけてイタリアンライグラス（牧草）を栽培している。土地所有者によると、トウモロコシ栽培の前（5月頃）に酪農で得られた家畜ふん尿を散布し、さらに、余剰の家畜ふん尿がある場合は牧草栽培前にも散布しているとのことであった。

調査試料

本調査は、平成26年11月10日（竹迫）及び11月11日（戸島）に実施された不攪乱土壌ボーリングで得られたコア試料の一部を分取し、溶出試験の試料とした。竹迫では地表から深さ15mで礫の割合が大きくなり、戸島では地表から14mで水を含んだ非常に軟弱な土壌になったため、それより深い試料の採取は実施されなかった。

両地点のボーリング柱状図を図2に示す。竹迫の土壌の性状は、深さ1.3mまでは黒ボク状であり、そこから深さ3.8mまでは赤ボク状であった。また、深さ5mから深度9mまでは水分を含む（乾燥減量31~40%）粘土質であり、深さ9mから15mにかけては直径2~5mmの軽石を含む、比較的含水量が少ない（乾燥減量21~25%）砂状であった。戸島の土壌の性状は深さ1.4mまでは黒ボク状であり、そこから深さ3.4mまでは赤

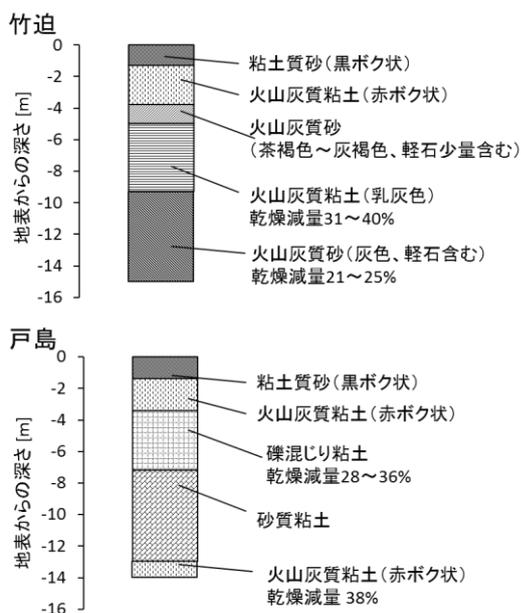


図2 調査地点の柱状図

ボク状であった。そこから深さ7m付近にかけては、直径2~10mmの礫を含み、水分を含む（乾燥減量28~36%）粘土状であり、深さ7m付近から13mにかけて直径2~40mmの軽石を含む砂質粘土であった。深さ13mから14mにかけては水分を含む（乾燥減量38%）赤ボク状の粘土であった。

調査方法

試料は、ボーリングで採取されたコアを表層から1mごとに区切り、区切ったコアからなるべく均一になるように100g程度分取したものである。現地でジッパー付きポリ袋に入れ、保冷して本研究所に搬入し、-20℃で保存した。解凍後、網目2mmのふるいにかけて小石等を取り除いたものを分析用試料とした。

図3に調査フローを示す。調査方法はイオン成分に関しては茨城県が作成した土壌・作物栄養診断マニュアル³⁾、重金属成分に関しては土壌の汚染に係る環境基準⁴⁾で指定された方法を参照した。試料約10gを純水100mLと混合し、マグネチックスターラーで30分間緩やかに攪拌して、無機成分を溶出させた。溶出液の孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過したものに含まれるイオン成分(Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻)の濃度をイオンクロマトグラフ法で測定した。

また、試料約10gをpH5.8~6.3に調整した純水100mLと混合し、振とう幅5cm、振とう回数200回/分で6時間水平振とうさせた後、3,000回転/分で遠心分離したものの上澄み部分を孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過したものに含まれる重金属類を、

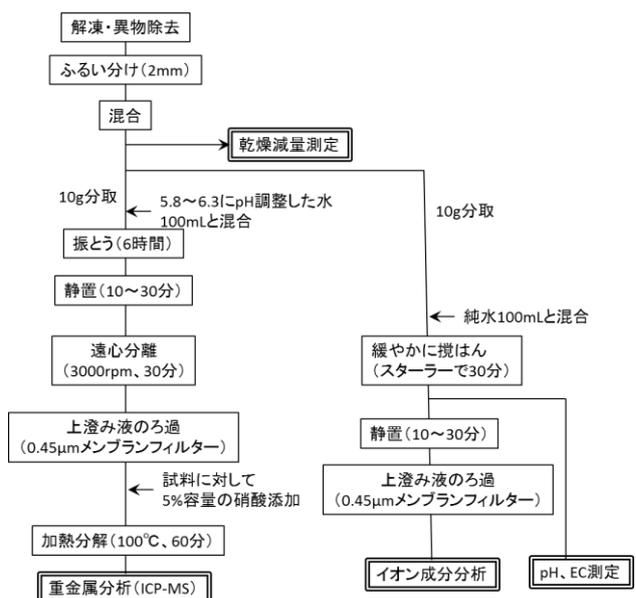


図3 調査フロー

誘導結合プラズマ質量分析 (ICP-MS) 法により分析した。

各イオン成分等の分析結果については、溶出液中の濃度に溶出液体積を乗じ、乾試料重量で除することで算出される、乾試料 1g あたり溶出量 ($\mu\text{g/g}$) で表す。

結果及び考察

1 イオン成分等

1.1 pH

採取した土壌の深さに対する、pH の測定結果を図 4 に示す。なお、測定結果の深さの表記について、例えば 0m から 1m のコアから分取した検体については深さ 0.5m と表記する (以下同様)。

竹迫では、pH は深くなるにつれて、上昇する傾向が見られた。深さ 0.5m では pH が 6.18 であったが深さ 2.5m から 5.5m の範囲では 6.5 程度であり、8.5m より深い試料では 7.03~7.16 の範囲であった。

戸島では、深さ 0.5m で 6.52 であったが深さ 1.5m から 4.5m の範囲の試料は 6.3 程度であり、7.5m から 12.5m の範囲では 6.90~7.07 の範囲であった。深さ 13.5m の試料は pH が比較的高く、7.52 を示した。

1.2 電気伝導度 (EC)

EC の測定結果を図 5 に示す。両地点とも深さ 1.5m にピークがあり、深さ 2.5m からは減少傾向を示した。

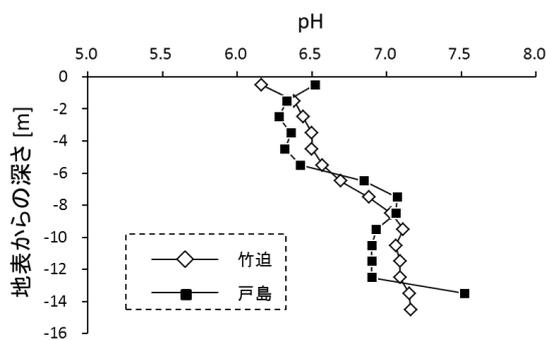


図 4 溶出液 pH の深さ方向の分布

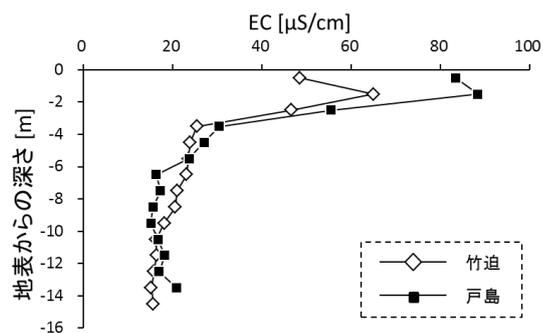


図 5 溶出液 EC の深さ方向の分布

深さ 1.5m までは竹迫と比較して、戸島が 2 倍程度の値を示したが、深さ 4.5m 以上では両地点ともほぼ同程度の値となった。

1.3 陽イオン成分

採取した試料の深さに対する、各イオン成分の分析結果を表 1 及び図 6~図 8 に示す。

図 6 に示すように、 K^+ は深さ 0.5m において竹迫で $116\mu\text{g/g}$ 、戸島で $243\mu\text{g/g}$ と最大値を示し、深くなるにしたがい、一旦急速に減少した後、深さ 10m 付近で緩やかな上昇に転じ、竹迫では深さ 14.5m で $10.9\mu\text{g/g}$ 、戸島では深さ 13.5m で $19.0\mu\text{g/g}$ であった。

Ca^{2+} 、 Mg^{2+} は両地点とも深さ 1.5m の溶出量が最大であり、深くなるにしたがって溶出量が急激に減少する傾向が見られた。 Na^+ については両地点とも表層が低く、深さ 2.5m から 4.5m にかけて比較的溶出量が大きい領域が現れた。

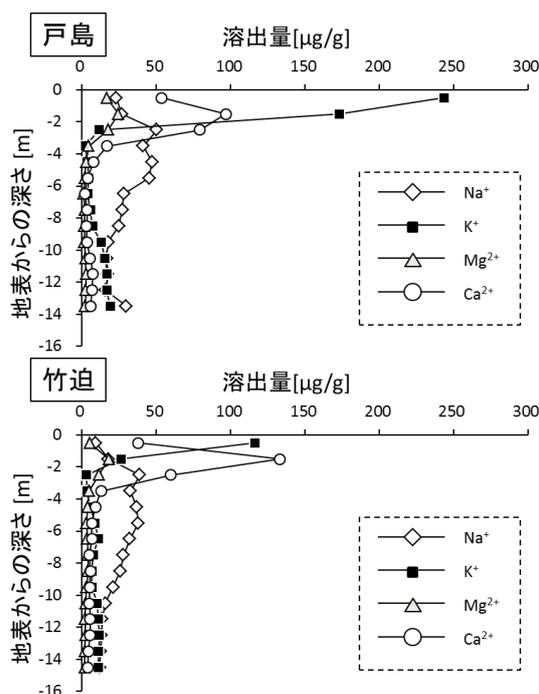


図 6 陽イオン成分 (NH_4^+ 除く) 溶出量の深さ方向の分布

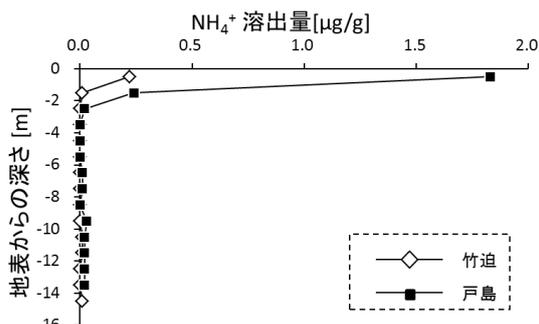


図 7 NH_4^+ 溶出量の深さ方向の分布

図 7 に示すように、 NH_4^+ は、竹迫では、深さ 0.5m で $0.22\mu\text{g/g}$ であったものが深さ 1.5m で $0.01\mu\text{g/g}$ となり、深さ 2.5m 以上ではほぼ検出されなかった。戸島では、深さ 0.5m で $1.83\mu\text{g/g}$ であったのが深さ 1.5m で $0.24\mu\text{g/g}$ となり、その後急激に低下し、深さ 2.5m 以上では $0.03\mu\text{g/g}$ 未満を示した。

1.4 陰イオン成分

図 8 に示すように、 SO_4^{2-} は、両地点とも深さ 1.5m で最大値を示した。深くなるにしたがって、溶出量が低下し、竹迫では深さ 9.5m から、戸島では深さ 7.5m からはほぼ一定の溶出量となった（竹迫； $15.6\sim 20.2\mu\text{g/g}$ 、戸島； $0.32\sim 1.56\mu\text{g/g}$ ）。

NO_3^- は、竹迫では深さ 0.5m において溶出量が最大 ($121\mu\text{g/g}$) になり、深さ 2.5m 以上の試料では $0.60\sim 14.4\mu\text{g/g}$ の範囲で推移した。戸島では深さ 1.5m で溶出量が最大 ($176\mu\text{g/g}$) になり、2.5m で $75.1\mu\text{g/g}$ と低下し、3.5m より深い試料では $30.2\sim 62.5\mu\text{g/g}$ の範囲で横ばいの値を示した。

Cl^- は、竹迫では深さ 1.5m 及び 7.5m に溶出量のピーク ($23.1\mu\text{g/g}$ 及び $11.2\mu\text{g/g}$) があり、深さ 8.5m 以上になると、緩やかに低下した。戸島では、深さ 0.5m で溶出量が最大 ($28.1\mu\text{g/g}$) となり、深くなるにしたがって溶出量が低下し 3.5m より深い試料では $6.11\sim 8.56\mu\text{g/g}$ の範囲でほぼ横ばいの値を示した。

イオン成分の分析の結果、特に NO_3^- について地点

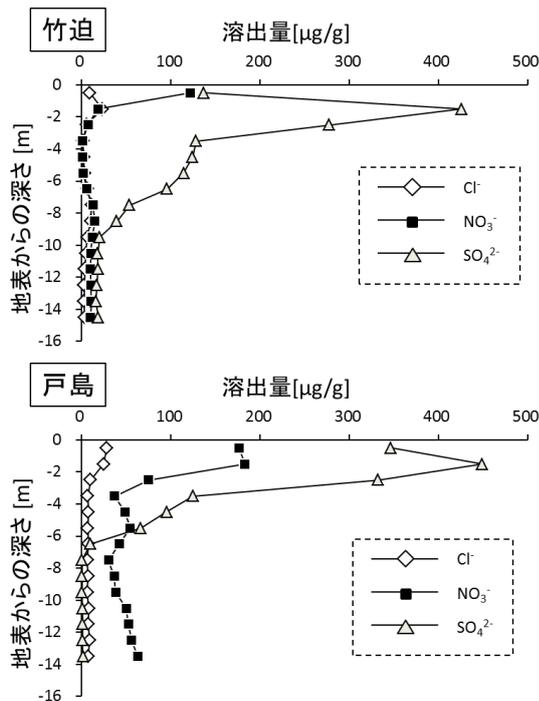


図 8 陰イオン成分 (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) 溶出量の深さ方向の分布

間の違いが現れた。これらの違いが現れた要因についてははっきりしないが、畑地における施肥の使用状況や深さ 7.5m 以上における地質の違い（竹迫では火山灰質砂であるのに対し、戸島では砂質粘土）が考えられる。戸島については、深さ 7.5m 以上の NO_3^- 溶出量が $30.2\sim 62.5\mu\text{g/g}$ と、竹迫と比較して高い濃度が維持されていることから、硝酸性窒素の地下水への影響が懸念された。

表 2 に主なイオン成分間の相関係数を示す。両地点とも、 NO_3^- が K^+ , NH_4^+ , NO_2^- , F^- 及び Br^- との間にそれぞれ高い相関係数が得られた。それに加えて、戸島の NO_3^- は Cl^- との間に高い相関が得られた。

NO_3^- と K^+ , Cl^- との関係を図 9 及び図 10 に示す。特に NO_3^- と Cl^- との関係には両地点間の違いが見られ、竹迫では相関係数が 0.258 であったのに対して戸島では 0.980 であった。 Cl^- は家畜ふん尿に豊富に含まれることから施肥における家畜ふん尿の割合の違いが NO_3^- と Cl^- の関係の違いに現れている可能性が示唆された。

2 重金属類

主要重金属類 (Al, Fe, Cu, Zn, Cr, Mn 及び B) の分析結果を表 3, 図 11 及び図 12 に示す。なお、溶出量の算出方法はイオン成分の場合と同じである。

図 11 及び図 12 に示されるように、Al 及び Fe につ

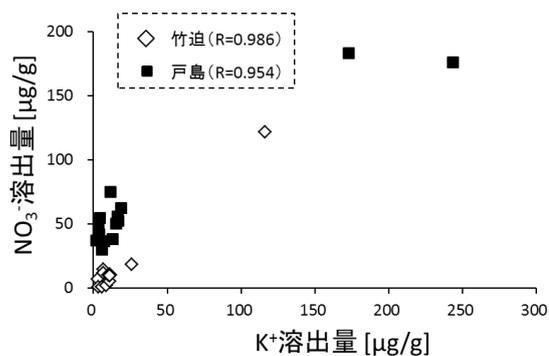


図 9 K^+ と NO_3^- との関係

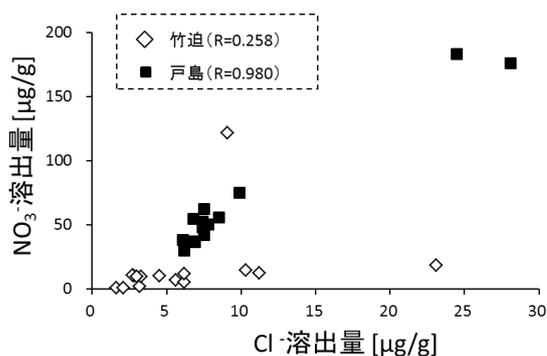


図 10 Cl^- と NO_3^- との関係

いては、両地点とも深さ 5.5m までほとんど検出されなかったが、深さ 6.5m から急激に溶出量が増大し、深さ 8.5m から 9.5m にかけて極大を示した。戸島においては、その後深さ 13.5m でさらに急激に溶出量が上昇した。その他の金属については Cu, Zn, Cr, Mn は溶出量の変化が Fe, Al に概ね追従した。しかし、B は両地点とも表層が最も高く、深さ 2.5m 以上ではほとんど検出されなかった。

両地点での重金属類の溶出量が深度 6.5m 以降で急に上昇した理由としては以下のことが考えられた。金属類の溶出は、6 時間の振とう溶出を行っており、その際、Fe 及び Al を主成分とする粒径 0.45 μ m 未満のコロイド粒子が溶出し、検液を孔径 0.45 μ m のメンブランフィルターでろ過した後でもコロイド粒子が検液中に残存したと考えられた。なお、土壌の柱状図(図 2)に示す通り、竹迫では 5.0m、戸島では 7.2m 及び 13.0m の深さで土壌の性状が変化しており、重金属類の溶出結果はその変化に関連していると考えられた。

主要重金属成分間の相関係数(ただし、戸島の深さ 13.5m のデータについては除く)について、表 4 に示す。両地点とも B については、他の成分との相関係数は低い値を示したが、それ以外の成分間については、0.75 以上の値を示した。これは、溶出液に含まれていた鉄・Al を主成分とするコロイド粒子に B 以外の金属成分が吸着していたことによるものと推測される。

既往の研究により鶏ふん堆肥では Zn が、また牛ふん堆肥や豚ふん堆肥では Cu や Zn の濃度が高く、地表面に蓄積するとされているが^{5)~8)}、今回の調査で得られた銅及び亜鉛の溶出量の深さに対する分布をみると、両地点とも地表から深さ 3.5m 以内における溶出量は小さく、土壌中でのこれらの金属の蓄積は確認されなかった。

まとめ

合志市竹迫及び熊本市東区戸島で得られたボーリングコア試料の溶出試験を行い、pH, EC, イオン成分並びに金属類を分析した。pH は両地点とも深くなるに従い、緩やかに上昇した。EC は、両地点とも表層よりも深さ 1.5m で最大になった後、深さ 3.5m にかけて値が急減し、その後ほぼ一定値で推移した。イオン成分の溶出量は、概ね戸島の方が竹迫より高めの傾向であった。また、その深さに対する分布は両地点で類似していたが、NO₃⁻ と他のイオン成分との相関関係には差が認められた。NO₃⁻ は深さにおける分布パターンは類似していたもの、深さ 7.5m 以上では、竹迫が概ね 9.9

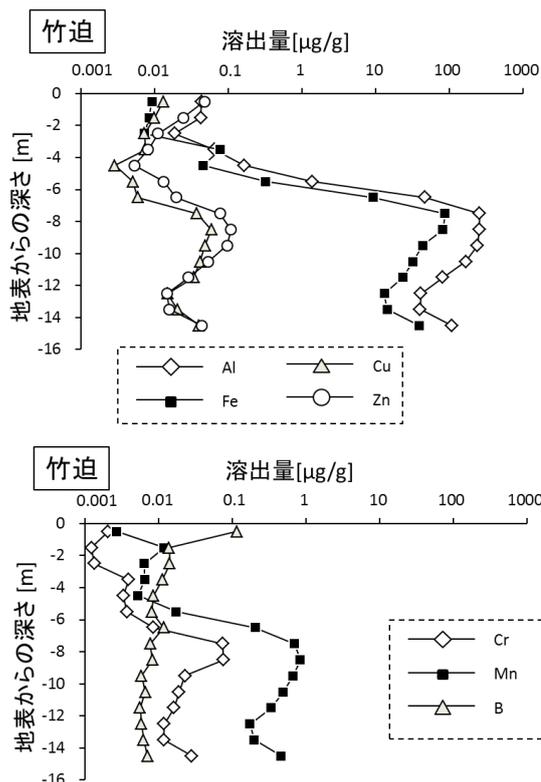


図 11 主要金属溶出量の深さ方向の分布 (竹迫)

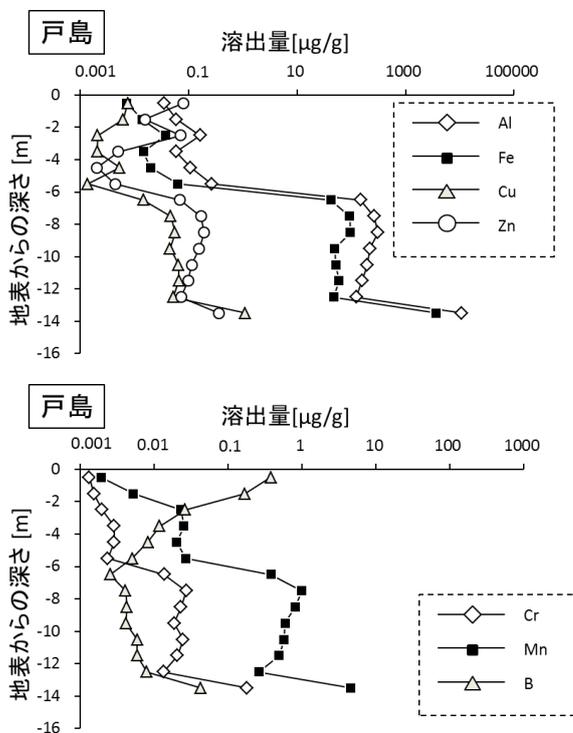


図 12 主要金属溶出量の深さ方向の分布 (戸島)

~14.4 μ g/g の範囲であったのに対して、戸島では、30.2 ~62.5 μ g/g の範囲であった。

主要重金属類について、両地点とも深度 5.5m までは、ほとんど検出されず、深さ 6.5m 以上で急激に溶出量が上昇し、8.5m から 9.5m にかけて極大を示した。溶出量の変化は主に土質に起因する粒径 0.45 μ m 未満のコロイド粒子の溶出によるものと考えられた。

今回の調査結果により、畑地土壤中に含まれる硝酸性窒素などの無機成分の含有量はその土地の地質、畑地の利用形態及び施肥の状況等により違いが現れることが明らかになった。このような調査を重ね、データを蓄積することによって、これらの要因と土壤中に含まれる硝酸性窒素との含有量との関係が解明されることが期待される。

謝辞

本調査の実施にあたっては、国立大学法人熊本大学大学院自然科学研究科水文学・嶋田研究室及び熊本県環境保全課の多大なご協力をいただきました。担当者の方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 熊本県：熊本地域硝酸性窒素削減計画，(2005).
- 2) 熊本県：平成 25 年度水質調査報告書（公共用水域

及び地下水），(2014).

- 3) 茨城県：土壌・作物栄養診断マニュアル，(1997).
- 4) 環境省：土壌の汚染に係る環境基準，環境庁告示第 46 号，平成 3 年 8 月 23 日
- 5) 加藤直人：家畜ふん堆肥の特徴と施用技術について，平成 19 年度耕畜連携たい肥利用推進研修会資料，(http://www.maff.go.jp/tokai/seisan/tikusan/manure/pdf/manure191019_4.pdf)
- 6) 環境省：農用地における土壌中重金属等の蓄積防止に係る管理基準について，環水土第 149 号，昭和 59 年 11 月 8 日
- 7) 板橋直：亜鉛を含む資材の農業利用に伴う環境影響，第 27 回土水研究会「食の安全，農業環境問題におけるトレードオフを克服する」資料，平成 22 年 2 月 25 日
- 8) 茨城県：畑土壌における家畜ふん堆肥連用による重金属の蓄積，平成 13 年度茨城県農業総合センター農業研究所 研究成果 (<http://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/noken/seika/h13notpdf/h13seika.html>).

表 1 土壤溶出液における pH, EC, 各イオン成分の溶出量

竹迫

深さ [m]	乾燥減量 [%]	pH	EC (μs/cm)	溶出量 [μg/L]											
				Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻
-0.5	41.5	6.16	48.4	9.19	0.22	116.3	5.2	37.9	3.3	9.1	0.25	0.05	121.6	136.8	0.15
-1.5	50.0	6.38	64.9	17.9	0.01	26.2	18.1	133.1	1.3	23.1	0.03	0.01	18.2	425.4	0.00
-2.5	42.5	6.44	46.5	38.8	0.00	3.0	11.4	59.8	0.8	5.6	0.02	0.01	7.1	277.3	0.00
-3.5	36.7	6.50	25.4	32.6	0.00	3.2	4.7	12.8	0.6	1.6	0.01	0.00	0.6	128.2	0.00
-4.5	39.9	6.50	23.9	36.6	0.00	5.7	3.8	9.0	0.7	2.1	0.02	0.00	0.6	124.2	0.00
-5.5	39.0	6.57	23.5	37.7	0.00	8.8	3.0	6.6	0.6	3.2	0.01	0.00	2.0	114.3	0.03
-6.5	37.5	6.69	23.1	32.0	0.00	11.0	3.5	6.6	0.7	6.2	0.03	0.00	5.3	95.5	0.22
-7.5	33.5	6.88	20.9	27.9	0.00	7.6	3.9	4.9	0.8	11.2	0.02	0.00	12.6	53.5	0.41
-8.5	31.1	7.03	20.5	25.7	0.00	6.6	4.0	5.6	0.8	10.3	0.00	0.01	14.4	39.3	0.33
-9.5	25.5	7.11	18.1	20.8	0.00	6.7	3.1	5.2	0.7	6.2	0.00	0.01	11.8	20.2	0.28
-10.5	23.9	7.06	16.3	15.7	0.01	10.1	2.3	4.9	0.5	4.5	0.00	0.01	10.3	17.8	0.29
-11.5	21.2	7.09	16.3	13.5	0.01	10.9	2.1	5.4	0.3	3.3	0.00	0.01	9.9	18.2	0.21
-12.5	22.2	7.09	15.8	13.0	0.00	11.5	2.2	5.3	0.3	2.8	0.00	0.00	10.4	16.9	0.13
-13.5	22.0	7.15	15.1	12.6	0.00	11.1	1.8	4.3	0.2	2.7	0.00	0.01	10.6	15.6	0.13
-14.5	22.0	7.16	15.7	11.9	0.01	10.9	1.8	4.1	0.2	3.0	0.00	0.01	9.9	18.5	0.22

戸島

深さ [m]	乾燥減量 [%]	pH	EC (μs/cm)	溶出量 [μg/L]											
				Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻
-0.5	48.6	6.52	83.3	23.0	1.83	243.4	16.7	53.5	2.0	28.1	0.24	0.07	176.2	346.5	0.04
-1.5	49.2	6.33	88.3	26.7	0.24	173.1	24.4	96.7	1.1	24.5	0.08	0.06	183.0	448.9	0.00
-2.5	48.3	6.28	55.5	50.3	0.02	11.4	17.5	79.3	0.9	9.9	0.02	0.02	75.1	332.1	0.00
-3.5	36.0	6.36	30.4	41.2	0.00	2.2	4.5	16.9	0.4	6.8	0.01	0.01	37.0	124.4	0.00
-4.5	35.9	6.32	27.0	47.1	0.00	3.6	2.9	7.7	0.4	7.4	0.00	0.01	48.2	95.3	0.05
-5.5	34.6	6.42	23.6	45.1	0.00	4.4	1.8	3.7	0.4	6.8	0.01	0.02	54.4	66.0	0.07
-6.5	28.2	6.85	16.2	28.1	0.01	3.7	1.2	1.8	0.6	7.5	0.01	0.01	41.8	9.5	0.32
-7.5	24.1	7.07	17.2	27.0	0.01	5.6	1.8	3.4	0.6	6.2	0.01	0.01	30.2	0.3	0.23
-8.5	26.4	7.06	15.6	24.7	0.00	7.1	1.5	3.0	0.7	6.9	0.00	0.01	36.4	0.3	0.39
-9.5	26.0	6.93	15.0	17.5	0.03	12.8	1.6	3.3	0.4	6.1	0.01	0.01	38.1	0.3	0.16
-10.5	28.5	6.90	16.7	16.5	0.02	15.5	2.3	5.5	0.3	7.8	0.02	0.02	50.0	0.5	0.22
-11.5	30.3	6.90	18.1	17.4	0.02	16.8	2.8	7.3	0.3	7.4	0.09	0.02	52.4	0.9	0.21
-12.5	31.7	6.90	16.9	15.8	0.02	16.5	2.6	6.5	0.2	8.5	0.03	0.02	55.9	0.5	0.16
-13.5	38.3	7.52	20.8	29.6	0.02	19.0	2.0	6.0	0.9	7.5	0.05	0.02	62.5	1.5	0.65

表 2 イオン成分間の相関係数 (斜字は 0.9 以上を示す)

竹迫

	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻
Na ⁺												
NH ₄ ⁺	-0.410											
K ⁺	-0.450	0.987										
Mg ²⁺	0.171	0.043	0.127									
Ca ²⁺	-0.015	0.164	0.261	0.974								
F ⁻	-0.178	0.923	0.933	0.323	0.394							
Cl ⁻	-0.123	0.161	0.271	0.782	0.795	0.425						
NO ₂ ⁻	-0.263	0.978	0.974	0.143	0.240	0.960	0.229					
Br ⁻	-0.529	0.932	0.919	0.117	0.241	0.849	0.230	0.875				
NO ₃ ⁻	-0.461	0.987	0.986	0.087	0.206	0.930	0.258	0.965	0.946			
SO ₄ ²⁻	0.304	0.096	0.171	0.964	0.939	0.369	0.666	0.217	0.105	0.104		
PO ₄ ³⁻	-0.338	-0.013	-0.039	-0.470	-0.479	-0.088	0.071	-0.082	0.055	0.061	-0.631	

戸島

	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻
Na ⁺												
NH ₄ ⁺	-0.170											
K ⁺	-0.209	0.871										
Mg ²⁺	0.175	0.497	0.763									
Ca ²⁺	0.240	0.386	0.665	0.989								
F ⁻	0.036	0.849	0.860	0.701	0.631							
Cl ⁻	-0.126	0.820	0.987	0.839	0.755	0.851						
NO ₂ ⁻	-0.291	0.923	0.884	0.546	0.441	0.803	0.837					
Br ⁻	-0.176	0.805	0.974	0.804	0.719	0.812	0.978	0.866				
NO ₃ ⁻	-0.075	0.726	0.954	0.881	0.812	0.809	0.980	0.786	0.979			
SO ₄ ²⁻	0.324	0.531	0.753	0.978	0.963	0.713	0.830	0.533	0.782	0.862		
PO ₄ ³⁻	-0.358	-0.235	-0.309	-0.524	-0.518	-0.077	-0.369	-0.155	-0.320	-0.356	-0.607	

表 3 土壌溶出液における主要金属成分の溶出量

竹迫

深さ [m]	溶出量[μg/L]						
	Al	Fe	Cu	Zn	Cr	Mn	B
-0.5	0.043	0.009	0.013	0.047	0.002	0.003	0.115
-1.5	0.042	0.008	0.010	0.024	0.001	0.012	0.014
-2.5	0.019	0.007	0.007	0.011	0.001	0.006	0.014
-3.5	0.065	0.077	0.007	0.008	0.004	0.006	0.011
-4.5	0.164	0.045	0.003	0.005	0.003	0.005	0.008
-5.5	1.37	0.322	0.005	0.013	0.004	0.017	0.008
-6.5	46.9	9.16	0.006	0.019	0.008	0.203	0.012
-7.5	257	86.7	0.038	0.077	0.075	0.693	0.008
-8.5	256	81.5	0.059	0.108	0.075	0.832	0.008
-9.5	242	43.2	0.048	0.096	0.023	0.668	0.006
-10.5	167	32.0	0.041	0.053	0.019	0.485	0.007
-11.5	81.6	23.2	0.034	0.029	0.016	0.333	0.006
-12.5	41.0	13.1	0.015	0.015	0.012	0.172	0.006
-13.5	40.0	14.3	0.020	0.016	0.012	0.197	0.006
-14.5	107	39.0	0.040	0.043	0.028	0.458	0.007

戸島

深さ [m]	溶出量[μg/L]						
	Al	Fe	Cu	Zn	Cr	Mn	B
-0.5	0.035	0.007	0.008	0.081	0.001	0.002	0.379
-1.5	0.060	0.014	0.006	0.016	0.002	0.005	0.168
-2.5	0.164	0.037	0.002	0.071	0.002	0.023	0.026
-3.5	0.058	0.015	0.002	0.005	0.003	0.025	0.012
-4.5	0.108	0.020	0.005	0.002	0.003	0.020	0.008
-5.5	0.264	0.063	0.001	0.004	0.002	0.026	0.005
-6.5	148	42.0	0.015	0.069	0.014	0.379	0.003
-7.5	264	92.6	0.046	0.167	0.027	0.992	0.004
-8.5	309	95.1	0.055	0.192	0.023	0.803	0.004
-9.5	221	49.5	0.045	0.156	0.019	0.589	0.004
-10.5	197	51.4	0.065	0.113	0.025	0.572	0.006
-11.5	156	59.5	0.066	0.098	0.020	0.489	0.006
-12.5	124	47.4	0.051	0.072	0.013	0.260	0.008
-13.5	10840	3698	1.10	0.354	0.179	4.50	0.042

表 4 主要金属成分間の相関係数（斜字は 0.9 以上を示す）

竹迫

	Al	Fe	Cu	Zn	Cr	Mn	B
Al							
Fe	<i>0.946</i>						
Cu	<i>0.931</i>	0.881					
Zn	<i>0.910</i>	0.849	0.883				
Cr	0.878	<i>0.982</i>	0.817	0.784			
Mn	<i>0.982</i>	<i>0.949</i>	<i>0.961</i>	0.884	0.894		
B	-0.229	-0.218	-0.200	0.098	-0.204	-0.262	

戸島

	Al	Fe	Cu	Zn	Cr	Mn	B
Al							
Fe	<i>0.999</i>						
Cu	<i>0.997</i>	0.997					
Zn	0.777	0.774	0.796				
Cr	<i>0.982</i>	<i>0.981</i>	<i>0.988</i>	0.862			
Mn	<i>0.969</i>	<i>0.968</i>	<i>0.975</i>	0.889	<i>0.996</i>		
B	-0.040	-0.038	-0.051	-0.113	-0.115	-0.141	