

福井豪雨によって水田に流入した土壌の性質

神田美奈子*・伊森博志**・宮下徹*・野上雅弘*・小谷佳史*・水澤靖弥*

Characters of Soil which Flowed into Paddy Field by the Fukui Heavy Rain

Minako KANDA*, Hiroshi IMORI**, Toru MIYASHITA*, Masahiro NOGAMI*,
Yoshifumi KODANI*, Yasuhiro MIZUSAWA*

平成 16 年 7 月 18 日に起こった福井豪雨によって水田に流入した土壌を調査、分析した。

その結果、河川の上流、もしくは河川からの距離が短くなるほど、土壌中の砂の割合が高くなった。しかし、足羽川流域上流部については、地形の関係から粘土およびシルトの割合の高い土壌が堆積した。

流入土壌は全体的に CEC が高く保肥力に優れていることが分かった。pH は土壌中の置換性石灰、苦土が多いため、高くなった。流入土壌中には、置換性加里や可給態リン酸も含まれており、可給態窒素量も多いことから、水田土壌としては肥沃な土壌が流入したといえる。しかし、豪雨によって母材から分解、流亡した易還元性マンガンを多く含まれており、ほとんどの地点でマンガン過剰となっている。よって、作物を栽培するときには、流入土壌の下にある従来の作土層とよく混和し、マンガンのレベルを下げる必要がある。

流入土壌の可給態窒素量は土壌の粘性が高くなるほど増加した。水害が起こる前の作土層と比較すると、全窒素および腐植の含有量は、流入土壌のほうが少ないのに対して、可給態窒素量は流入土壌のほうが多くなった。これは、流入土壌中の有機物が分解しやすく、窒素が容易に無機化するためと考えられた。

キーワード：豪雨、流入土壌、水田、易還元性マンガンを、可給態窒素

緒言

平成 16 年 7 月 18 日に福井県嶺北地方において局地的な豪雨による被害が起こった。この豪雨は、日本海から北陸地方にかけて停滞していた梅雨前線が活発化し、発生した強い雨雲が次々と福井県嶺北地方を中心に流れ込んだことが原因とされている。

特に、激しい降雨にあった地域は足羽川流域に沿うように集中しており、日最大 1 時間降水量が、上流部に位置する美山町では 96mm、下流部に位置する福井市では 75mm を記録し、年間極値を更新した。

豪雨は、各地で土砂崩れや河川の氾濫を起こし、農地の被害においては 669ha にも被害がおよび、そのうち土砂が流入した面積は 500ha とされている。

大量の土砂が入った農地は流入土壌の撤去などの措置がとられるが、完全に取り除くことは難しく、また、土砂の厚さが数 cm から 20 cm 程度では撤去できずに、そのまま耕耘され、農地として利用される。

河川付近は水田が多く、水田に流入した土壌は、今

* 福井県農業試験場 生産環境部土壌環境研究グループ

** 現福井農林総合事務所 (前福井県農業試験場)

後の土作り、および施肥管理対策に大きく影響すると考えられるが、同様な災害による流入土壌について検討した報告はほとんどなく^{4,11)}、浚渫土などによる客土等の報告がみられるだけである^{1,2,5)}。

そこで、次年度以降の土作りや施肥管理の対策に役立てることを目的として、流入した土壌の性質を調査したので、その結果を報告する。

調査方法

1. 土壌サンプリングおよび試料調整

各農林総合事務所と協力分担し、堆積した流入土壌の厚さが約 5~20cm の 91 地点で供試土壌を採取した。

可給態窒素(湿潤土 4 週値および 10 週値)は、礫などを取り除いた湿潤状態のもの、化学性、粒径組成、可給態窒素(乾土 4 週値)は通風乾燥後、粉碎し、2 mm のふるいを通過させたものを分析用試料とした。

2. 土壌分析

1) 粒径組成

粒径組成は、土壌物理性測定法⁸⁾を基に、ピペット

法を福井農試で簡易に改良した方法で行った。

2) 化学性

土壌の一般化学分析は、pH(H₂O)、腐植(全炭素×1.724)、全窒素、CEC、交換性陽イオン(置換性石灰、苦土、加里)、可給態リン酸(Truog法)、可給態ケイ酸(たん水保温静置法)、遊離酸化鉄、易還元性マンガン(たん水保温静置法)の項目を分析した。分析方法は、土壌、水質及び植物体分析法¹⁰⁾に準じた。

可給態窒素量の4週値および10週値は、湿潤状態の生土試料を4.75mmのふるいに通したものを、30℃で、それぞれ4週間および10週間湛水密栓状態で静置した後、アンモニア化成量を測定した。また、乾土効果を知るために、通風乾燥した試料も同様に、湛水密栓状態で保温静置し、4週間後のアンモニア化成量を測定した。

以上の分析によって得られた値を、流入土壌が最も影響を受けると考えられる、本県嶺北地域の主要河川である九頭竜川、足羽川および日野川の流域別に集計し、さらに、平成9~11年度の間に行われた土壌保全調査事業³⁾のデータの中から、嶺北の値を再集計した平均値を水害前の作土層の値として、流入土壌の値を比較検討した。

結果および考察

1. 土性区分

流入土壌の粒径組成は、足羽川流域上流部および各河川の下流部で、シルトおよび粘土の含有率が高くなり、九頭竜川流域上流部、足羽川および日野川流域中流部で砂の含有率が高くなった(図1)。

足羽川中流部では砂のうち、粗砂の割合が多くなった。この地域に該当する美山町で特に多量の降雨があったため、濁水や流入土の流速が早く、粒径のより大きな土砂が中流部に堆積したと考えられ、被害の大きかったことがうかがえた。

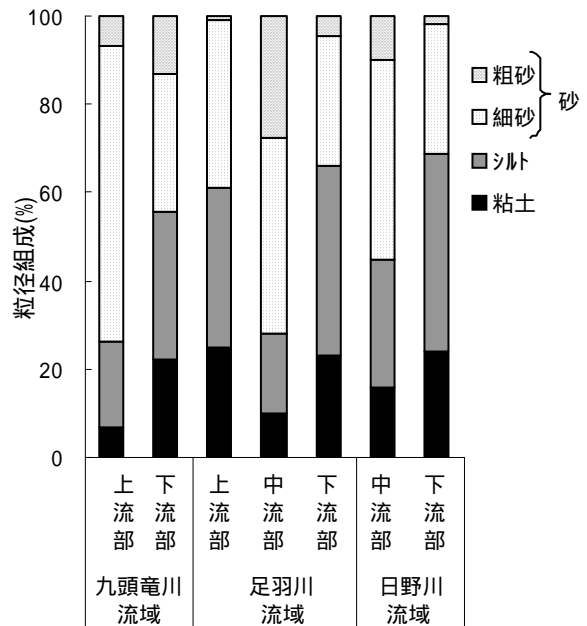


図1 流入土壌の粒径組成

各地点の土性区分を地図上にプロットした(図2)。

足羽川上流部を除いて、河川の上流になるほど砂の割合が多くなり、下流になるほどシルトおよび粘土の割合が多くなった。これは、土砂が豪雨による流れの分級作用を受けた結果といえる。

足羽川流域上流部は谷底低地を形成し、河川や低地部分は比較的広いが、中流部では谷も迫っており、低地の部分が狭く、河川も蛇行している。

これらの地形から、豪雨によって水かさが増えた河川から水があふれ、低地に滞水することにより、粒径の小さな土砂が主に流入し堆積したものと考えられる。

2. 土壌成分

流入土壌のpH(H₂O)は全体的に高く、水稻の最適pHである5.5~6.0より高い値となった(表1)。pHが高くなった原因として、置換性石灰および、置換性苦土の

表1 流入土壌の化学性

地区名	pH	CEC (cmol Kg ⁻¹)	置換性塩基			塩基 飽和度 %	可給態 リン酸 (g Kg ⁻¹)	可給態 ケイ酸 (g Kg ⁻¹)	易還元性 マンガン (g Kg ⁻¹)	腐植 (g Kg ⁻¹)	全窒素 (g Kg ⁻¹)	遊離 酸化鉄 (g Kg ⁻¹)	試料 数	
			石灰 (g Kg ⁻¹)	苦土 (g Kg ⁻¹)	加里 (g Kg ⁻¹)									
九頭竜川 流域	上流部	6.8	18.8	4.03	0.32	0.15	88.0	0.25	0.11	0.36	27.7	1.21	25.7	2
	下流部	6.3	27.0	3.93	1.08	0.26	73.8	0.18	0.12	0.55	39.3	1.73	42.2	9
足羽川 流域	上流部	6.2	29.4	5.10	0.83	0.23	77.7	0.18	0.12	0.59	58.1	2.50	34.0	9
	中流部	6.6	23.6	4.30	0.89	0.16	85.9	0.16	0.09	0.46	21.5	0.94	37.3	20
	下流部	6.1	28.1	3.80	0.75	0.22	65.1	0.17	0.10	0.56	47.1	2.15	48.0	6
日野川 流域	中流部	6.6	33.4	6.36	1.41	0.22	90.5	0.25	0.11	0.56	34.5	1.44	37.8	36
	下流部	6.6	35.4	6.02	1.42	0.26	83.6	0.22	0.11	0.62	41.9	1.90	44.8	9
流入土壌 平均値	6.5	29.8	5.29	1.14	0.21	84.1	0.21	0.11	0.54	35.9	1.55	38.8	91	
嶺北・水害前 作土層	5.5	15.9	2.42	0.44	0.20	70.8	0.21	0.10	0.19	37.0	1.79	19.8	1552	

嶺北(水害前)の値は、土壌保全対策事業(H9~11)で調査した県内北部の平均値を用いた

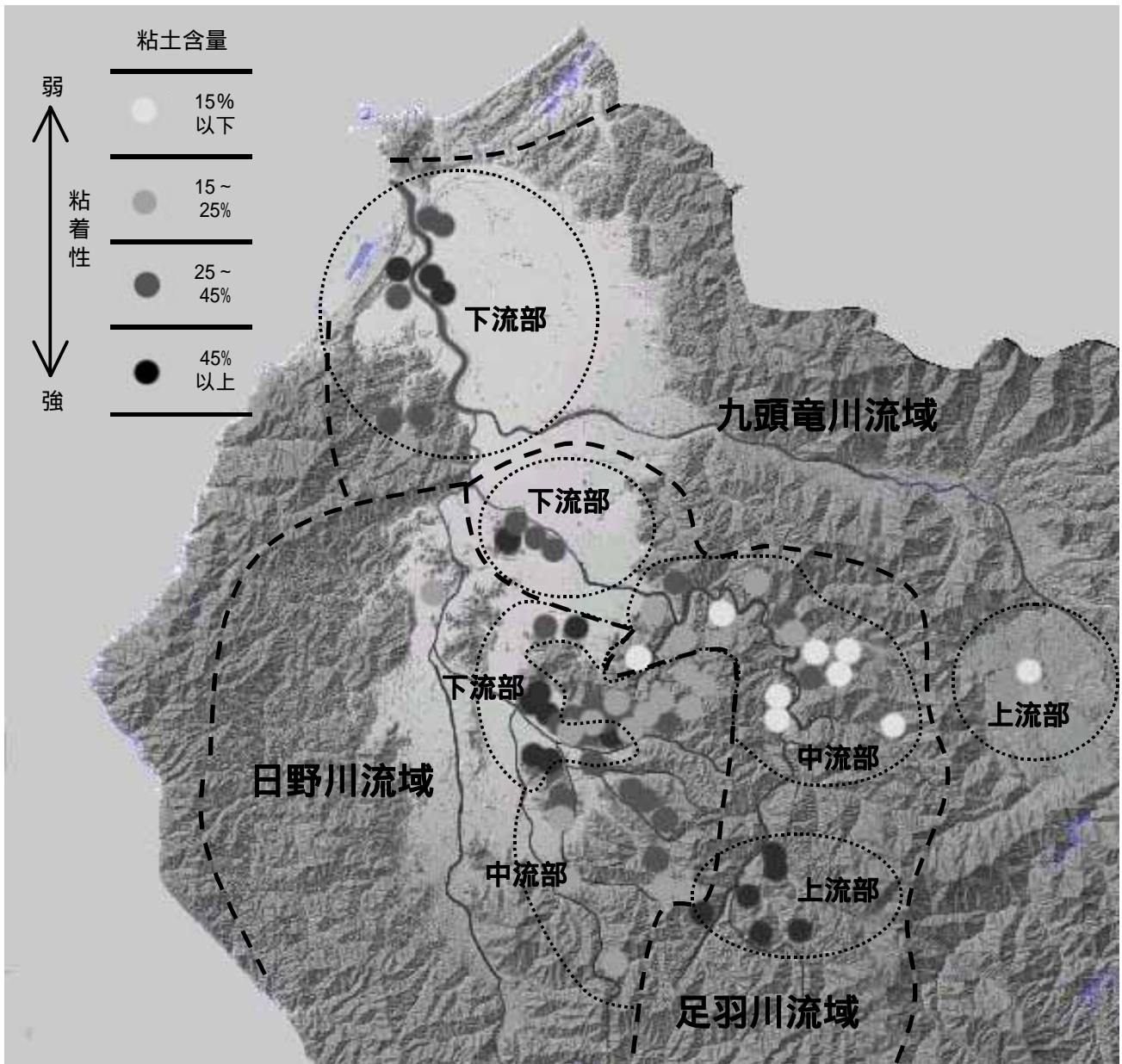


図2 水害土壌の土性

含有量が多いことがあげられる。

置換性石灰は全ての地域で高く、水害前の作土層の値と比較すると1.6~2.6倍にもなり、特に河川の上流部でより高くなった。置換性苦土も同様に、全体的に高くなったが、九頭竜川流域上流部は水害前の作土より低い値となった。その結果、九頭竜川上流部では石灰苦土比が9.0となり、水田土壌の改良目標値である2.5~4をはるかに上回った。置換性加里は、上流部と比べて中下流部で高くなる傾向がみられたが、全体としては水害前の作土層と近い値になった。

CECは、どの地域も水害前の作土層より高くなり、流入土は保肥力の高い土壌が堆積した。特に九頭竜川流域下流部、足羽川流域上流部および下流部、日野川流域で高い値を示した。日野川流域中流部を除いた地

域は、粘土およびシルトの割合が多いのに加え、腐植の量も多くなっているためCECも高くなった。

しかし、日野川流域中流部は、粘土およびシルトの含有率は高くなく、腐植も水害前の作土層と比較して若干、少なかったが、CECは倍以上になった。これは、日野川流域に該当する鯖江市から旧今立町（現南越前市）の一部に保肥力の高いモンモリロナイト系の粘土鉱物が含まれており、この粘土鉱物の含まれた土砂が日野川流域の調査地点に流入したことが、この地域の流入土のCECがより大きくなった原因であると考えられる。

塩基飽和度は、九頭竜川流域上流部、足羽川流域上中流部および、日野川流域において石灰飽和度が60%以上と高いため、水田土壌の改良目標値である51~

71%を超過した。

可給態リン酸および可給態ケイ酸は、いずれの地域においても水害前の作土層と大きな差はなかった。しかし、可給態ケイ酸については、水田の改良目標値である 0.15g Kg^{-1} を下回っているため、ケイ酸資材の施用が必要である。

易還元性マンガンは、水害前の作土層と比べて 1.8 ~ 3.2 倍と高くなった。マンガンは植物にとって必須微量元素であるが、過剰にあると水稲は初期生育が不良になり、分けつが少なく、穂数が減少するなどの障害をもたらす。

寺島⁷⁾は易還元性マンガンが $30\text{mg}/100\text{g}$ (0.3g Kg^{-1}) 以上の水田をマンガン過剰水田としており、成因として河川の上流部に風化分解しやすいマンガン鉱や新第三紀層の変朽安山岩類が分布し、これらに含有されるマンガンが分解、流亡したものが富化することによるとしている。さらに、マンガン含量の高い地域に集中豪雨や洪水があり、泥水が水田に流入し、滞水した場合もマンガン過剰水田になると推測している。

今回、調査した地点においても、日野川上流部にはマンガン鉱があり、九頭竜川下流に合流する竹田川上流および県内中央部に新第三紀層の変朽安山岩類が分布している。豪雨によって、マンガンが多い土壌が堆積したのはこれらの推測を裏付ける結果となった。

腐植は、各河川流域の下流部および足羽川流域の上流部で水害前の作土層より高くなった。腐植物質は粘土鉱物などと複合体を形成し、安定化して存在することから、各地点における粘土含有率と同様の傾向を示した。

遊離酸化鉄はどの地域も、水害前の作土層より高い値になった。田中ら⁶⁾は、水田転作により土壌中の遊離酸化鉄が増加することを示しており、伊森ら³⁾は福井県内の乾田の増加と遊離酸化鉄の増加が概ね一致しており、土壌の乾燥歴が遊離酸化鉄の増加の要因であると推測している。よって、今回調査した流入土の遊離酸化鉄が多くなったのは、山地表土の流亡および、流入する前の土壌の乾燥歴に寄与していると考えられた。

全窒素は腐植とほぼ同様の結果となった。足羽川流域上流部および下流部、日野川流域下流部で、水害前の作土層より高くなったが、流入した土壌の全平均値は 1.55g Kg^{-1} となり、水害前の作土層の平均値である 1.79g Kg^{-1} より少なかった。

しかし、30 の湛水密栓培養で得られる可給態窒素量の 4 週値および 10 週値は、水害前の作土層(4 週値 0.025g Kg^{-1} 、10 週値 0.072g Kg^{-1})と比較して、流入した土壌の全平均値(4 週値 0.037g Kg^{-1} 、10 週値 0.084g Kg^{-1})

のほうが高くなった(図 3)。

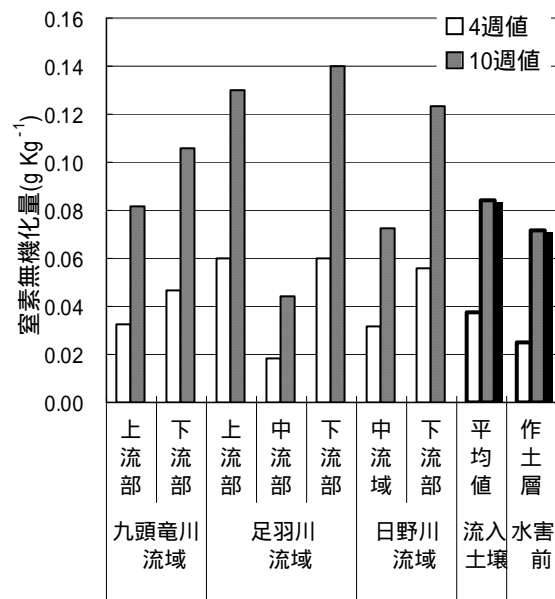


図3 流入土壌の可給態窒素量

各河川流域においては、足羽川流域中流部を除いた地域で、4 週値および 10 週値ともに、水害前の作土層と同等かそれ以上になった。特に、各河川流域の下流部、足羽川流域上流部で高い値を示した。これは、粘土含有率や腐植、全窒素の含有量と同じ傾向である。

このことは、腐植含有量と可給態窒素量の 4 週値、10 週値ともに高い相関が得られることから、流入土壌中の有機物が分解しやすく、窒素が無機化しやすいことを表している(図 4)。

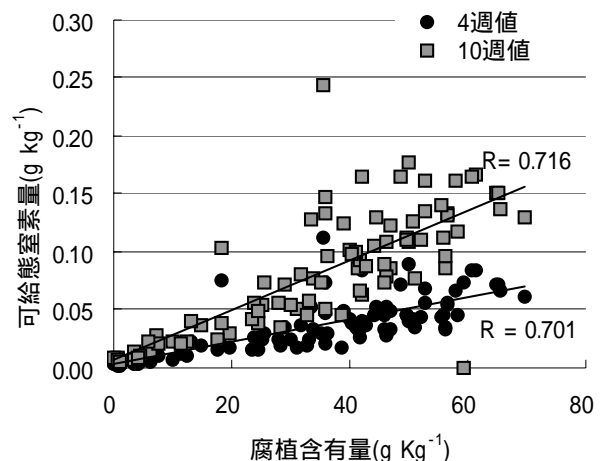


図4 腐植と可給態窒素量の関係

長谷ら⁹⁾は、三方湖底質(可給態窒素量 4 週値 0.052g Kg^{-1} 、10 週値 0.071g Kg^{-1})を 10cm 客土した場合、八ナエチゼンで 1 作目は基肥、追肥をせずに穂肥のみで栽培したほうがよいとしている。

今回の豪雨によって流入した土壌も可給態窒素量が
多く、減肥が必要である。また、湿潤な土砂が流れ込
んだので、今後の作業性を容易にするために、土壌を
乾かすことが考えられるが、その場合、乾土効果によ
って、より多くの可給態窒素の発現が予測される。

サンプリングした流入土壌を一度、乾燥させてから
30 で4週間、湛水密栓培養した場合、乾燥させなか
ったものより約3~5倍も窒素量が増加した(図5)。流
入土壌を乾燥させた場合、減肥はもちろんのこと、倒
伏しやすいコシヒカリの栽培は避けるなどの措置も必
要である。

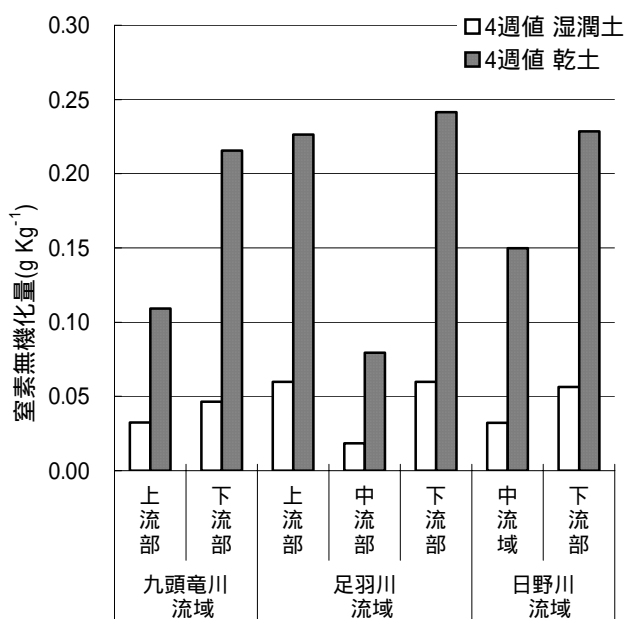


図5 流入土壌の乾土効果による可給態窒素量

の変化と土壌施肥管理の方向。福井農業試験場研究報告第39号：17~28

- 4) 岩手農業研究センター(2002)．平成14年7月の台風6号による水稲冠水被害の解析(4)灌水被害地域に流入した土壌の特徴．平成14年度試験研究成果書．岩手県
- 5) 隅田裕明・山本一彦・松坂泰明(1981)．湖沼底泥の水田客入効果について．土肥誌．52：516~522
- 6) 田中英典・北倉芳忠・森川峰幸(1995)．細粒質水田における乾田直播を導入した水田輪作体系が土壌理化学性に及ぼす影響．福井農業試験場研究報告．32：31~42
- 7) 寺島利夫(1973)．マンガン過剰水田に関する研究．福井農試特別報告第5号：1~86
- 8) 土壌物理性測定法委員会編(1972)．土壌物理性測定法．養賢堂：65~71
- 9) 長谷光展・川久保幸雄・渡辺毅・尾崎保夫(1998)．三方湖の水質浄化と農業．作物学会報．33：143~145
- 10) 日本土壌協会編(2001)．土壌機能モニタリング調査のための土壌、水質及び植物体分析法．日本土壌協会
- 11) 野本亀雄・上郷千春(1950)．東北地方の水害地土壌調査報告．東北農試研究報告第1号：190~196

．謝辞

本報告の調査、分析のための土壌試料採取に際して、協力分担いただいた各農林総合事務所に感謝申し上げます。

．参考文献

- 1) 在原克之・渡辺春朗(1988)．客土造成田の水田土壌化について．土肥誌．59：607~613
- 2) 在原克之・渡辺春朗(1997)．河川底質客入造成田における水稲の生育障害の実態．土肥誌．68：103~111
- 3) 伊森博志・牧田康宏・西端善丸・坂東義仁・栗波哲・森永一・長谷光展(2002)．福井県の水田土壌

Characters of Soil which Flowed into Paddy Field by the Fukui Heavy Rain

Minako KANDA*, Hiroshi IMORI**, Toru MIYASHITA*, Masahiro NOGAMI*,
Yoshifumi KODANI*, Yasuhiro MIZUSAWA*

Summary

The heavy rain on July 18, 2004 caused much damage. Many earth and sand flowed also into many paddy fields. Therefore, we investigated and analyzed the deposited soil for cultivation.

1. As a result of the particle size analysis, the more the river become upstream and the deposited soil separated from the river, the more the rate of sand increased. But at the upper Asuwa River, the high rate of clay and silt accumulated for landform.
2. The deposited soil was high CEC and excelled in nutrient retentivity. pH was high, because there are much exchangeable calcium and magnesium. Since the soil contained exchangeable potassium and available phosphorus and also much available nitrogen, it can be said that the fertile soil entered the paddy field. But much easily reducible manganese decomposed and flowed out of the parent material was also accumulates and superfluous at almost all the investigation point. Therefore, when growing crops, in order to make a manganese level low, it is necessary to mix with the conventional plow layer under the deposited soil well.
3. Available nitrogen also increased in number, so that viscosity of the deposited soil became high. As compared with topsoil before flood damage, although total nitrogen and humus in the deposited soil was low, there is much available nitrogen. The reason indicated that organic matter in the deposited soil is easy to decompose, so that nitrogen mineralizes easily.