

# 中国黒竜江省双城市順利村一帯における農地土壌の特性と作物生育

高橋能彦<sup>1\*</sup>・韓 東生<sup>1</sup>・小柳 渉<sup>2</sup>・堀 秀隆<sup>3</sup>・張 永強<sup>4</sup>・張 艶菊<sup>4</sup>・秦 智偉<sup>4</sup>・春日健一<sup>5</sup>

(平成24年7月5日受付)

## 要 約

独立行政法人国際協力機構の事業に参画し、中国黒竜江省で畜産廃棄物の有効利用と農地生産性向上のために当該農地の土壌調査を実施した。調査地域である黒竜江省双城市順利村は年間降水量約500mmの半乾燥地であり、降雨の大半が6月～8月に集中する。村内で乳牛約1300頭、豚1800頭を飼育しているが、畜糞等の農地への有効還元は少なく、大半は道路脇等に放置されている。村内中央部の水田地帯は排水性の悪い細粒グライ土壌であり、土壌pH(水)は平均8.2とアルカリ性が強く、交換性CaとMgは我が国基準の10倍と多い。一方、可給態リン酸とK含量は少なく、塩基バランスが偏っていた。丘陵地の畑土壌は地形的に塩基の溶脱・溶出が認められ、土壌pHも低く、CaやMg含量も水田土壌よりは低下していたが、我が国基準と比較すれば高いレベルであった。畑の主要作物であるトウモロコシの生育は、土壌pHやECと一定の関係は認められず、土壌硬度が高いと生育が悪くなる傾向が認められた。土壌硬度はマクロ団粒が増加すると低下し、マクロ団粒の発達是有機物含量の増加と関係があった。堆肥等有機質資材の施用は土壌の物理性を向上させ、作物生産への効果が期待できた。

新大農研報, 65(1):39-48, 2012

キーワード：中国、半乾燥地、堆肥、アルカリ土壌

## 1. はじめに

1983年(昭和58年)6月の新潟県議会・定例会において「中華人民共和国黒竜江省との友好関係促進に関する決議」が議決され、これに基づき同年8月友好提携が実現した。これ以降、新潟県は黒竜江省との連携事業を継続してきた。

省都ハルビン市は市区人口約590万人の大都市であるが、周辺農村は気象的条件も厳しく、未だ生活水準は低い。著者らは2009年から2011年の3カ年、独立行政法人国際協力機構(JICA)の「草の根技術交流事業」に参画し(JICA, 2008)、農村における牛糞の有効利用と農地の生産性向上を目的に調査活動を実施した。本稿はこの一環として、当該農地の土壌特性と作物生産性との関係をまとめたものである。

黒竜江省双城市順利村はハルビン市街地の西南64kmに位置し、2005年時点では戸数723、人口2,960人の農村であり、村内耕地面積は723ha、主要作物品目はトウモロコシ575ha、水稲131haである。畜産に関しては乳牛1,339頭や豚1,820頭を飼育している。

図1に順利村の地形を示す。南部は標高160～170mの丘陵であり、広くトウモロコシ畑となっている。中央は標高130mの低平地であり、水田が東側に広がっている。北部と西部もトウモロコシ畑となっている。トウモロコシの収量性は7～7.5t ha<sup>-1</sup>、水稲収量は6t ha<sup>-1</sup>程度と推定される。栽培における農業機械化は進んでおらず、これらの穀物は主として人力で栽培されている。化学肥料は使用しているが、圃場への有機物還元は作物根と未収残残渣のみと観察され、積極的な有機物還元は少ない。酪農家は常時搾乳牛4～7頭、搾乳量は4,000kg/頭・

年と我が国の規模・乳量に比較すると極めて少ない。排出される牛糞は村の道路脇等に放置されたままであり、尿は垂れ流し状態となっている。

これら順利村の農業実態を勘案すると、排出牛糞の堆肥化と農地への効果的還元は、地域の衛生状態の改善と有機物の有効利用および土壌の生産性維持において極めて合理的と考えられる。

## 2. 材料および方法

2009年秋と2010年春に順利村一円の水田土壌と畑(トウモロコシ)土壌の土壌断面を調査した。調査項目は土壌層界・グライ反応の有無・土色(SPAD503)・土性・土壌表面硬度(山中式硬度計)等である。2010年は土壌の貫入硬度(ダイキSR2000貫入硬度計)も調査した。

2009年の土壌調査地点の作土や下層土を採取し、農林水産省横浜植物防疫所を経由して国内に試料を輸入した。

輸入試料は農学部附属フィールド科学教育研究センター村松ステーション実験室で理化学性等を分析した。風乾砕土を1mm篩別して土壌pH・土壌EC(電気伝導度)をそれぞれのメータで計測した。交換性Ca、Mg、K、有効態リン酸、陽イオン交換容量(CEC)は全農型土壌分析計ZA IIで分析した。交換性Naは炎光法で分析した。有機物含量は簡便法として500℃灼熱減量法で分析した。

土壌団粒は風乾土を手で5mm程度の大きさに砕き、大起理科工業の団粒測定器で篩別し、粒径毎に分別した。

2009年に採取した水田土壌と畑土壌の代表試料各10gに現

<sup>1</sup> 新潟大学農学部

<sup>2</sup> 新潟県農業総合研究所

<sup>3</sup> 新潟大学自然科学研究科

<sup>4</sup> 中国東北農業大学

<sup>5</sup> 新潟県日中友好協会

\* 代表著者：takahasi@agr.niigata-u.ac.jp

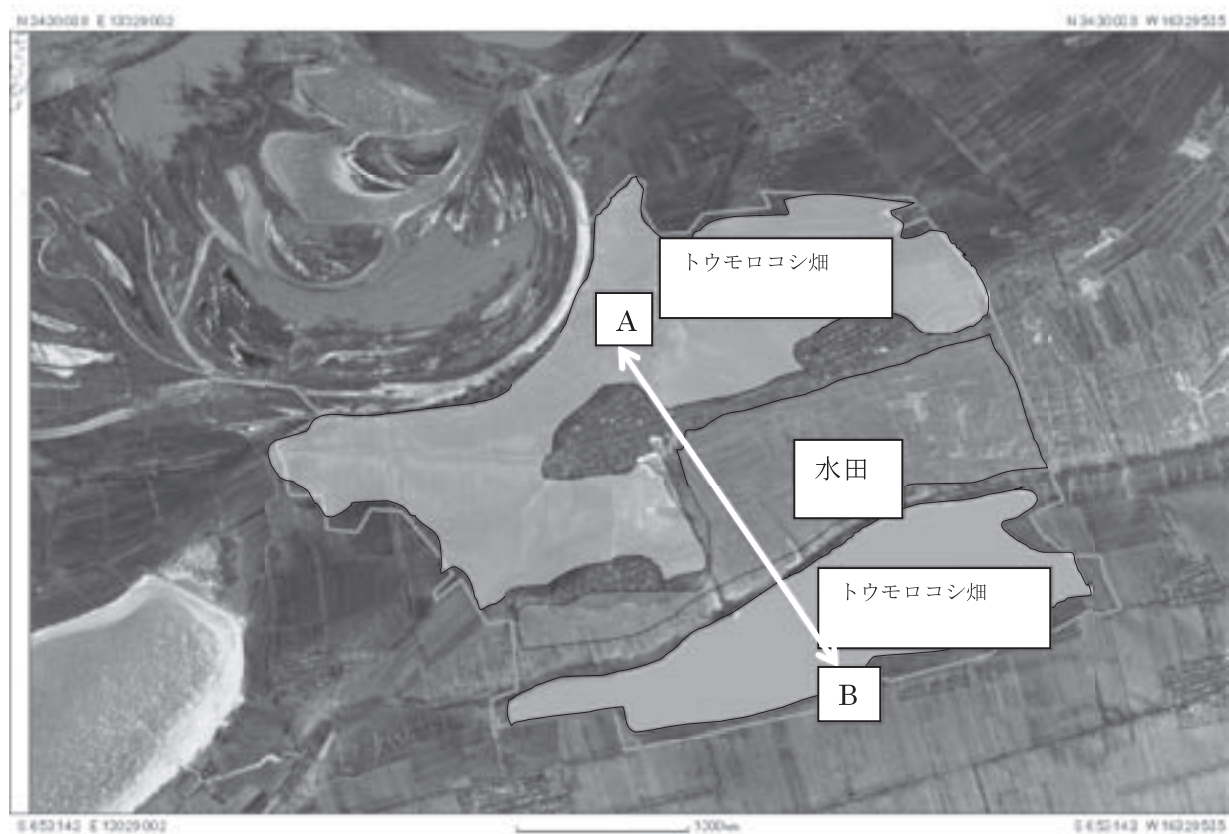


図1 順利村一帯の地形と農地分布

地で製造された牛糞堆肥を0.1 g 添加し、東北農業大学の恒温培養器で3カ月間20℃で培養した。当初1カ月は最大容水量、後半2カ月は乾燥状態で培養した。その後、水中篩別法でマクロ団粒（直径250  $\mu$  m以上）の割合を分析した。

作物生育は2010年秋、現地農地で栽培されているトウモロコシの草丈、茎太を調査し、土壤環境との関係を見た。また、2011年春に現地でポットに畑土壌を充填し、①無肥料、②化学肥料、③堆肥、④化学肥料+堆肥の4処理区を設定した。コマツナ種子30粒を播種し、1週および2週後に発芽率を調査した。

### 3. 結果および考察

#### 1) 農地土壌の概要

水田は水稻収穫前の立毛状態の水田であり（2009年秋）、部分的に水たまりのある条件であった。圃場の基盤は未整備であり、用水路・排水路や農道の多くも未整備である。大型農業機械の導入も無いために、硬盤層の発達もなく排水性の悪いグライ層（還元2価鉄がジピリジル発色試薬と反応して赤色となる層）の発達する強グライ土壌が93%を占めていた。作土の土色は黒～黒褐色と黒みが強い土色であった。作土の土性は軽埴土（LiC）が大半で粘土質の強い土壌であった。下層土も概ね同様の条件であり、土層の分化は貧弱であった。これは、水管理に強弱が無く、年間を通して水位の大きな変動がないために酸化・還元層の変動がないためと思われる。深さ50cmまでに礫等の観察は少なく、沖積の粘土やシルトは相当の厚さで堆積

していると考えられる。

今後、当該地域水田に大型農業機械を導入するには、用排水路と農道の整備、暗渠施工による排水対策と硬盤層の作出が課題となる。これらの施工により、現状の湿田から半湿田・乾田化に進み、同時に数年間は土壌から過剰の窒素放出があり、水稻の過剰生育害が発生し、それ以降は地力低下による栄養低下が問題となる（橋本, 1979）。これらの問題を想定し、今から牛糞等を利用した効率的な地力作りの対策を検討する必要性を感じた。

畑は全てトウモロコシ畑での調査であった。2009年は収穫前の秋調査、2010年は幼苗段階の春調査であり、土壌表面の条件は異なった。土色は黒褐色がほとんどで、土層の分化は極めて貧弱であった。2010年春の調査では山中式硬度計で表面硬度が20mm以上と硬くクラストした土面もあった。

#### 2) 農地土壌の化学性

2009年秋に採取した土壌分析結果を表1と表2に示す。

水田土壌は28点で、標高128mから136mの範囲から採取した。平均pH（水）は8.2、最低7.8、最高8.5であり、アルカリ性であったがアルカリ性土壌（pH8.5以上）の境界の水準であった。有効態リン酸含量は平均2.2mg 100g<sup>-1</sup>乾土と我が国の基準10～20mgと比較すると極めて低い値であった。塩基交換容量（CEC）の平均は21.2であり、ほぼ中庸な交換容量と考えられる。電気伝導度（EC）の平均は0.20mS cm<sup>-1</sup>と、塩性土壌の基準4mSよりはるかに低かった。交換性カリウム（K<sub>2</sub>O）の平均値も7.8mg 100g<sup>-1</sup>乾土と基準値の半分以下であった。これに対してマグネシウム（MgO）とカルシウム（CaO）

表1 水田土壌の分析結果一覧

地点	pH(水)	EC ms cm <sup>-1</sup>	CEC cmol(+) kg <sup>-1</sup>	有効態リン P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg kg <sup>-1</sup>	交換性塩基				塩基飽和度 %	CaO/MgO 比	MgO/K <sub>2</sub> O 比	交換性 Na <sub>2</sub> O g kg <sup>-1</sup>	ESP %
					K <sub>2</sub> O		CaO						
					g kg <sup>-1</sup>		g kg <sup>-1</sup>						
P1	8.4	0.21	20.2	24.5	158	4.22	32.5	681	6	63	652	5.2	
P2	8.2	0.24	24.5	23.7	189	4.42	34.5	597	6	55	857	5.7	
P3	8.3	0.21	18.5	18.7	145	3.88	34.5	770	6	63	523	4.6	
P4	8.2	0.26	27.9	27.2	248	5.58	37.3	581	5	53	744	4.3	
P5	8.3	0.20	16.3	27.2	141	2.59	37.0	895	10	43	787	7.8	
P6	8.3	0.27	17.9	34.4	183	3.74	36.6	836	7	48	631	5.7	
P7	8.5	0.25	19.3	23.8	169	5.28	32.7	746	4	73	1003	8.4	
P8	8.5	0.26	17.6	32.3	127	4.38	31.7	769	5	81	857	7.9	
P9	8.4	0.21	17.8	18.9	97	4.36	29.8	724	5	105	410	3.7	
P10	8.4	0.19	19.3	22.7	50	3.49	34.4	728	7	166	291	2.4	
P11	8.2	0.21	21.3	22.4	30	4.14	35.1	687	6	326	658	5.0	
P12	8.0	0.22	21.3	24.3	47	2.63	36.5	674	10	132	372	2.8	
P13	8.1	0.20	19.7	22.3	42	3.00	37.3	754	9	170	313	2.6	
P14	8.2	0.19	20.8	29.5	70	4.34	33.4	678	5	145	302	2.3	
P15	8.0	0.17	22.1	55.8	18	2.16	34.1	600	11	286	270	2.0	
P16	8.1	0.20	24.6	21.2	20	2.71	34.4	555	9	317	323	2.1	
P17	8.1	0.18	23.1	17.8	25	2.76	34.9	601	9	259	356	2.5	
P18	8.2	0.19	24.1	19.2	39	3.15	33.7	566	8	192	275	1.8	
P19	8.1	0.14	18.6	20.5	100	1.42	22.5	472	11	33	199	1.7	
P20	8.1	0.18	23.6	12.7	40	1.90	35.5	578	13	112	264	1.8	
P21	8.1	0.17	22.9	15.0	41	1.99	35.2	595	13	113	302	2.1	
P22	8.0	0.19	25.4	15.4	37	1.78	35.8	540	14	114	243	1.5	
P23	8.1	0.16	22.0	13.9	19	1.42	35.4	608	18	173	253	1.9	
P24	7.8	0.18	24.7	13.3	31	1.46	36.1	553	18	110	259	1.7	
P25	7.9	0.23	25.3	10.8	27	1.68	36.2	546	15	146	280	1.8	
P26	8.1	0.17	16.8	14.3	26	2.00	27.2	639	10	179	275	2.6	
P27	8.0	0.15	20.3	14.1	25	1.52	31.6	595	15	142	243	1.9	
P28	8.0	0.18	21.7	14.1	34	1.67	35.5	623	15	115	307	2.3	
平均	8.2	0.20	21.3	22.0	78	2.99	34.0	650	10	136	437	3.4	
標準偏差	0.1	0.03	2.5	0.6	5.6	108.1	219	82	3.4	61.7	19.8	1.7	
変動係数	1.7	13.3	11.5	28.5	71.5	36.2	6.4	12.6	35.6	45.3	45.3	49.6	

表2 畑土壌の分析結果一覧

地点	pH(水)	EC ms cm <sup>-1</sup>	CEC cmol(+) kg <sup>-1</sup>	有効態リン P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg kg <sup>-1</sup>	交換性塩基				塩基飽和度 %	CaO/MgO 比	MgO/K <sub>2</sub> O 比	交換性 Na <sub>2</sub> O g kg <sup>-1</sup>	ESP %
					K <sub>2</sub> O		CaO						
					g kg <sup>-1</sup>		g kg <sup>-1</sup>						
C1	7.8	0.12	22.2	123	193	1.24	10.1	192	6	15	205	1.5	
C2	7.4	0.12	20.8	108	149	0.98	8.2	167	6	16	151	1.2	
C3	7.8	0.15	23.0	134	125	0.93	10.4	183	8	18	140	1.0	
C4	6.0	0.07	21.8	115	106	0.91	6.8	133	5	20	205	1.5	
C5	6.1	0.08	22.3	110	109	0.87	7.0	132	6	19	178	1.3	
C6	5.5	0.09	21.7	260	109	0.96	6.7	133	5	21	216	1.6	
平均	6.8	0.10	21.9	142	132	0.98	8.2	157	6	18	182	1.3	
標準偏差	0.9	0.0	0.5	39.0	26.0	0.1	1.4	24.1	0.7	1.9	26.0	0.2	
変動係数	13.1	22.6	2.5	27.8	19.7	9.2	17.0	15.3	11.3	10.6	14.3	14.5	

の平均含量はそれぞれ 299mg、3,398mg  $100\text{g}^{-1}$  乾土と我が国基準の10倍多く存在していた。このため、塩基飽和度は65%と大過剰であり、基準2~6のマグネシウム/カリウム比は136と著しく偏っていた。ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) は平均  $18\text{mg } 100\text{g}^{-1}$  乾土であり、CECに占めるナトリウムの比率 (Exchangeable sodium percentage: ESP) は1%と少なかった。アメリカ農務省の基準 (USDA, 1954) は、①塩性土壌 (saline soil):  $\text{EC} > 4\text{mS/cm}$ ,  $\text{ESP} < 15\%$ ,  $\text{pH} < 8.5$  ②アルカリ土壌 (alkali soil):  $\text{EC} < 4\text{mS/cm}$ ,  $\text{ESP} > 15\%$ ,  $\text{pH} > 8.5$  ③塩性・アルカリ土壌 (saline-alkali soil):  $\text{EC} > 4\text{mS/cm}$ ,  $\text{ESP} > 15\%$ ,  $\text{pH} > 8.5$  である。したがって、当該水田土壌のpHは8.5に近いが上記3土壌には該当していない。ただし、過剰のアルカリ土類金属が集積している反面、カリウムやリン酸が少なく我が国の土壌基準 (新潟県農林水産部, 2005) で判断すると、著しく塩基バランスの偏った土壌化学性である。

同じく2009年秋に採取した畑土壌は6点のみであったが、分析の結果、pH (水) は半数が適正範囲であり、半数はpH7以上とややアルカリ性であった。有効態リン酸は全て  $10\text{mg } 100\text{g}^{-1}$  乾土以上と適正量含有していた。ECも  $0.10\text{ m S cm}^{-1}$  と水田土壌より更に低かった。交換性カリウムの平均値は  $13.2\text{mg } 100\text{g}^{-1}$  乾土と水田土壌より高いもののまだ基準より不足していた。交換性マグネシウム、カルシウム、塩基飽和度はそれぞれ  $98\text{mg}$ 、 $818\text{mg}$ 、 $157$  であり水田土壌よりは低下したが我が国の基準 (新潟県農林水産部, 2005) を超えていた。

分析結果から、水田土壌はカルシウムとマグネシウムのアルカリ土類金属が高濃度で集積し、アルカリ土壌に近いpHであった。逆にリン酸とカリウムが少なく塩基バランスが悪化していた。これらの改善にはリン酸とカリウム資材の施用による塩基バランスの改善が必要であり、生理的酸性肥料の積極的施用によるアルカリ改善の対策が要求される。また、圃場基盤の整備で排水性改良を実施した場合は、塩基溶脱によりアルカリの低減が期待できる。畑土壌もカリウム肥料の積極的な施用により塩基バランスの改善が必要である。

### 3) 標高と土壌化学性の関係

図2は図1のA-B直線の断面・標高を示す。Aにちかい部分と標高140m以上の丘陵地帯はトウモロコシ畑であり、中央部分の標高130m地帯は水田である。

水稻栽培期間は順利村西方にある湖から灌漑水が供給されている。

図3は標高と土壌のpH及びECの関係を示している (●: 水田, ○: 畑、以下の図でも同様)。両項目とも標高が低くなると値が高くなる傾向がある。これは低標高地帯でpHやECを上昇させる物質が集積していることを示している。

同じく図4に標高と土壌含有交換態塩基の含量を示す。カルシウムは水田と畑で2つのグループに分かれたが、マグネシウムは標高が低くなると2次曲線的に増加する傾向を示した。カリウムは肥料として施用するためか、標高とは明確な関係がなかった。ナトリウムはマグネシウムと同様に低標高で含有量が増加する傾向が認められた。カリウムとナトリウム含有量は比較的低いことから、標高による土壌pHとECの関係は主としてカルシウムとマグネシウム含量が寄与していると推定される。

### 4) 土壌物理性とトウモロコシの生育

図5は2010年9月に調査した村内地域別トウモロコシ畑の土壌硬度を示している。黒実線は順利村中央部水田に隣接する畑であり深さ50cmまでは低い硬度で推移していた。灰色実線

は南部丘陵地の畑で深さ15~20cmは1.5MPsと硬くなっていた。黒点線は北部平坦地の畑で深さ12.5cmから27.5cmで1.5MPs以上で特に20cmでは2MPs以上と極めて高い硬度であった。我が国の目安では、1.5MPs以上では通常植物根の進入が不能の硬度とされている (梅村, 2009)。

2010年9月調査で順利村役場に隣接するトウモロコシ畑を調査し、生育良好と不良の2地点のトウモロコシ生育と土壌物理性・化学性を分析した。生育不良地点では葉色が淡く着生雌花 (穂) 数は1本が大半であり、生育良好地点では葉色も濃く雌花も2本以上であった。図6は両地点での生育を示している。生育良好地点では草丈が2.5m、茎太も250mm以上であったが、不良地点ではそれぞれ1.5m、150mmであった。

図7は両地点における深さ別土壌硬度を示している。生育良好地点は深さ25cmで最高硬度1.3MPsであったが、生育不良地点では深さ15cmで最高硬度1.5MPsとなった。生育不良地点の土壌硬度は浅い位置から硬くなる傾向であった。

図8は両地点の土壌を深さ0~10cmと10~20cmの上層と下層に分けて採取し、湿潤状態で注意深く網目5mmで篩別し、水中で30回/分、上下振とうして  $250\mu\text{m}$  以下のミクロ団粒と  $250\mu\text{m}$  以上のマクロ団粒に分別した結果である。生育良好地点と不良地点では下層土壌のマクロ団粒の割合に違いが認められた。これは図7の深さ10~20cmの硬度の違いがこの層でのマクロ団粒割合と関係があることを示している。土壌マクロ団粒の割合と土壌物理性との関係は既報で論じられている (竹中ら, 1980)。

図9は図8で回収した土壌層位別の各団粒を混合し、2地点のそれぞれマクロ団粒とミクロ団粒の灼熱減量 (含有有機物の減少量) を分析した結果である。生育良好地点のマクロ団粒で減量割合が高く、この団粒が有機物質により構成されていることを示している。つまり、有機物の作用によりマクロ団粒が多く形成され、土壌物理性の改善に効果があったと考えられる (青山, 2010)。

図10は水中篩別した土壌団粒を実体顕微鏡で撮影したものである。便宜上  $250\mu\text{m}$  以下はミクロ団粒としているがこの粒径は主として一次鉱物粒子が大半を占めていると観察される。 $250\mu\text{m}$  以上の粒子は大型の一次鉱物も散見されるが、多くは有機性物質からなる不定形の団粒と判断できる。

### 5) 堆肥の施用効果

上述した土壌物理性改善のために、堆肥施用が土壌の団粒化に及ぼす効果を室内で検討した。使用した堆肥は順利村で牛糞とトウモロコシ茎葉残渣の粉碎物を混合・堆肥化したものである。表3に含有成分を示すが、我が国で一般に利用されている堆肥と比べると栄養分が低く、灰分が多い (原田と山口, 1997)。これは一旦牛糞を堆積し、そこから原料として堆肥場に搬入する際に相当量の土砂が混入するためと考えられる。

2009年に採取した、順利村の水田土壌と畑土壌の乾燥土  $10\text{g}$  に前述した1:1混合堆肥粉碎物を  $0.1\text{g}$  添加し、3カ月間培養した。培養終了後に水中篩別法でマクロ団粒 (直径  $250\mu\text{m}$  以上) の割合を分析した。水田土壌では堆肥施用効果は認められなかったが、畑土壌では堆肥添加によってマクロ団粒が増加する傾向であった (データ略)。

同様に堆肥施用による作物の発芽促進効果を検証するために、2011年春に順利村畑土壌を供試して小松菜の発芽試験を現地で行った。順利村役場隣接のトウモロコシ畑土壌をポット (直径40cm 深さ25cm) に充填し、コマツナ種子30粒を5月30日に播種し、十分灌水した。播種後、1週間および2週

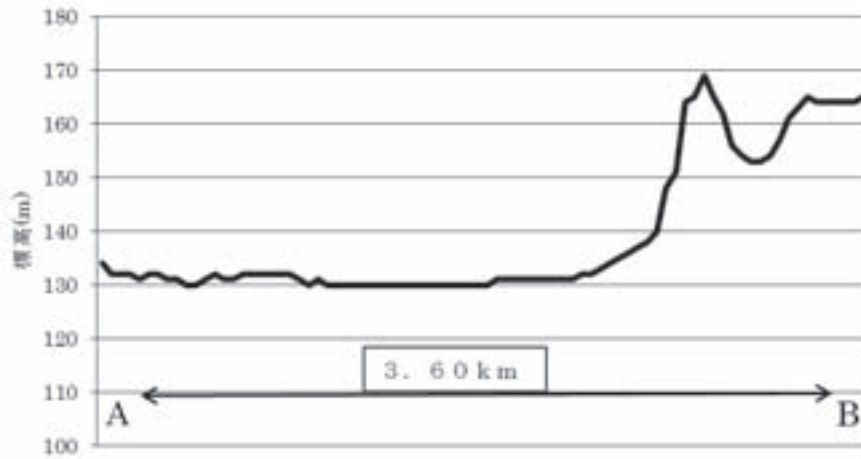


図2 農地の断面標高 (図1の矢印間)

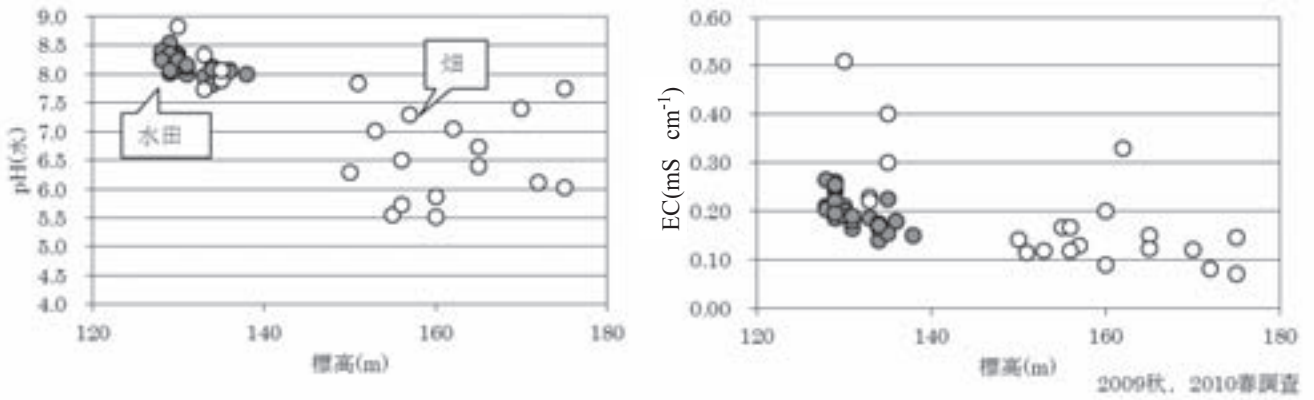


図3 農地の標高と土壌 pH、EC の関係

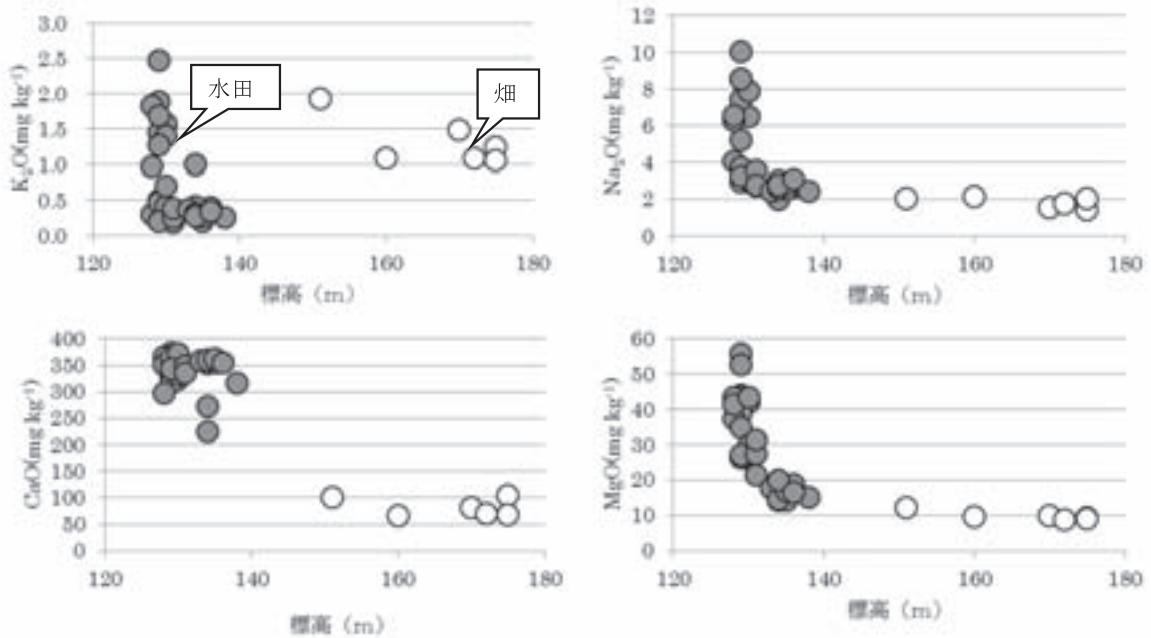


図4 農地の標高と土壌交換態塩基含量の関係

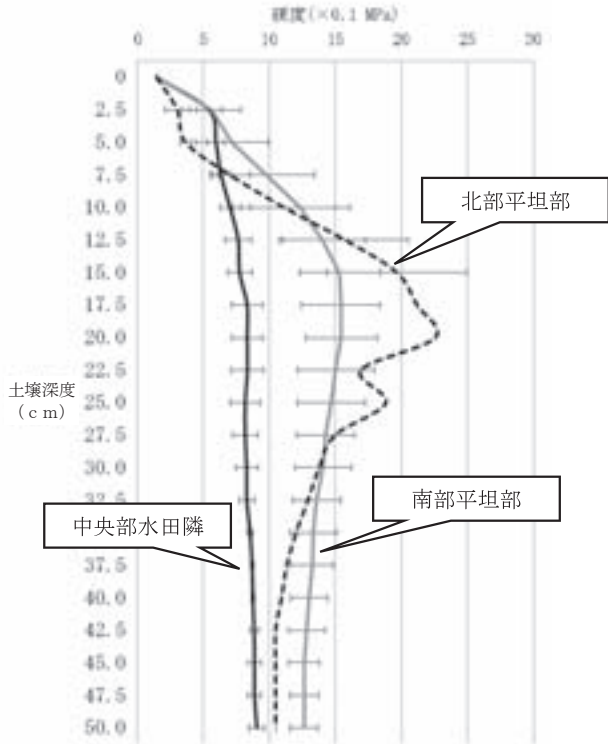


図5 トウモロコシ栽培3地域の深度別土壌硬度

間後に発芽率を調査した。播種時の土壌 pH (バルク) は各ポットとも 7.5 前後と同様だったが、バルク EC は無肥料区と堆肥区で約  $1 \text{ mS cm}^{-1}$ 、化学肥料区と化学肥料 + 堆肥区では化学肥料由来の塩類で 2 倍の EC 値となった (図 11)。

コマツナの発芽率は堆肥区で明らかに高くなり、次いで無肥料区で高かった (図 12)。化学肥料区と化学肥料 + 堆肥区は塩類障害により発芽は低下した。堆肥区で発芽が促進された理由は堆肥による発芽促進物質に起因すると推定されるが、今後更なる検討を行いたい。

## 10. まとめ

2009 年秋から 2010 年秋にかけて、順利村農地一円の土壌調査および分析を実施した。水田土壌、畑土壌ともに土色は我が国の黒ボク土壌 (火山灰土壌) に近い黒色から黒褐色であり、草原黒色土壌の特性を有していた。

村内中央部の水田地帯は排水性の悪い細粒グライ土壌であり、土壌 pH (水) は平均 8.2 とアルカリ性が強く、含有する交換態カルシウムとマグネシウムは我が国基準の 10 倍と極めて多量含有していた。一方で可給態リン酸と交換態カリウムの含有量は少なく、塩基バランスが著しく偏っていた。丘陵地の畑土壌は地形 (高標高地) によって塩基の溶脱・溶出が認められ、土壌 pH も低く、カルシウムやマグネシウム含量も低下していたが、まだ我が国基準からは高いレベルであった。

土壌の化学性としてアルカリ性は高いが、アメリカ農務省基準と照合するとアルカリ土壌、塩性土壌のいずれにも該当しない。しかし、塩基バランスの要改善土壌であると結論できた。

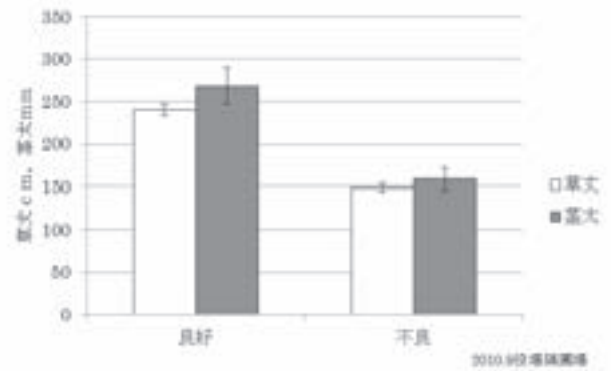


図6 同一圃場でのトウモロコシ生育良好地点と不良地点の生育状況

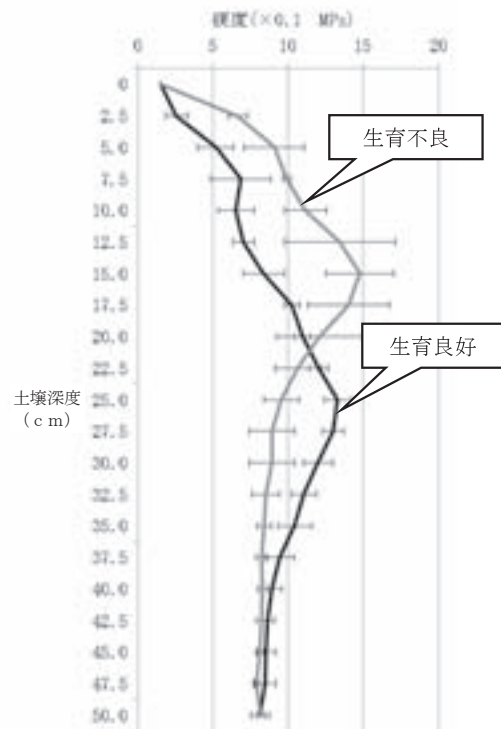


図7 同一圃場のトウモロコシ生育良好・不良地点の深度別土壌硬度

畑の主要作物であるトウモロコシの生育と土壌環境とは pH や EC と一定の関係が認められず、土壌硬度が高いと生育が悪くなる傾向が認められた。土壌硬度は土壌のマクロ団粒が増加すると軟らかくなり、マクロ団粒の発達には有機物含量の増加と関係があった。つまり、堆肥等有機物資材の積極的施用は土壌の団粒構造を発達させて、土壌硬度を低下させ、作物生育に良好な効果が期待できると結論できた。堆肥施用により、土壌の団粒化促進で土壌物理性の改善効果とそれに伴うトウモロコシ等の作物生産性が向上する。また、堆肥施用は作物の出芽率向上にも効果が認められた。

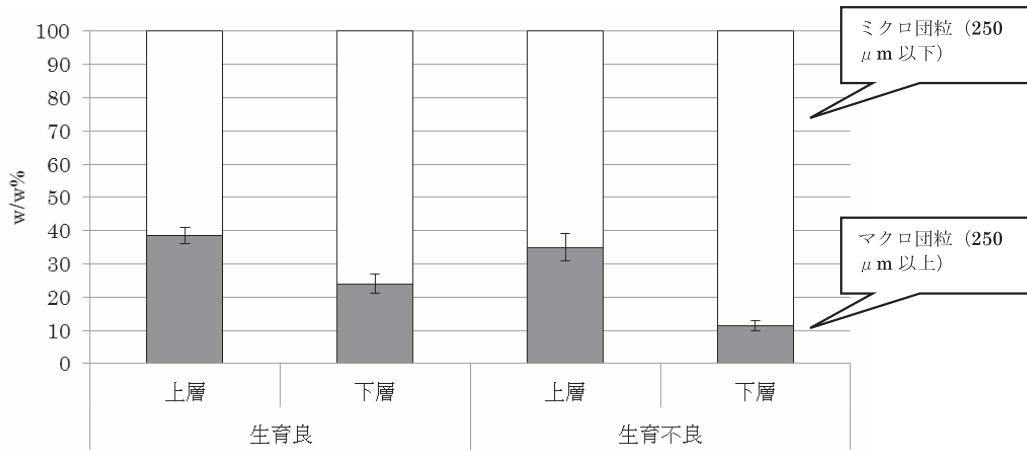


図8 同一圃場のトウモロコシ生育良好・不良地点の団粒分布

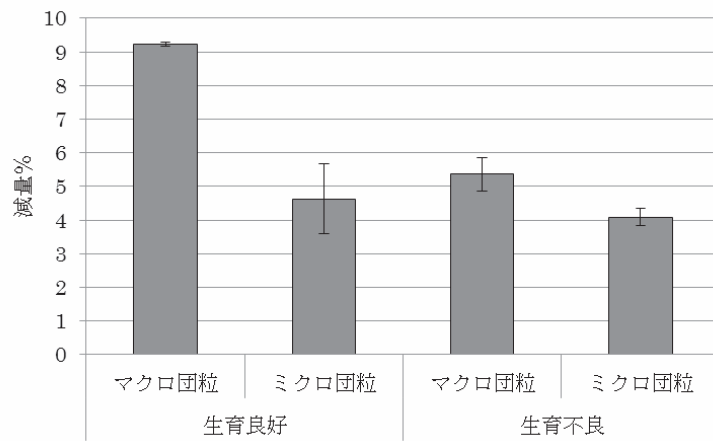
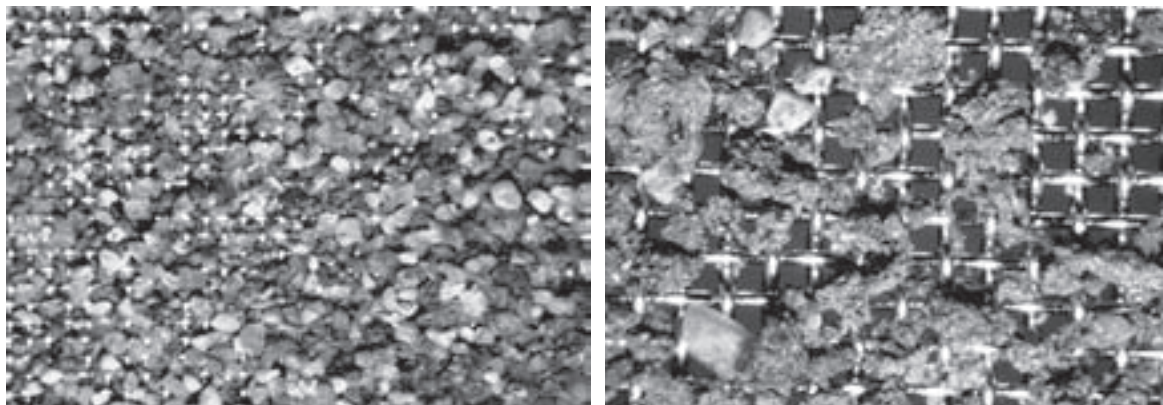


図9 同一圃場のトウモロコシ生育良好・不良地点の団粒別灼熱減量



ミクロ団粒 (網目: 160 μ m)

マクロ団粒 (網目: 250 μ m)

図10 ミクロ団粒とマクロ団粒の写真

表3 使用堆肥の含有成分

牛糞：トウモロコシ残渣		水分	全窒素	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	灰分	全炭素	C/N比	pH	EC
		%										
		水										
		mS cm <sup>-1</sup>										
1:1	現物 (風乾)	14.8	1.11	0.55	1.23	0.88	1.56	57.7	14.3	12.9	8.17	4.64
	乾物中		1.30	0.64	1.45	1.04	1.83	67.8	16.8			
1:1.5	現物 (風乾)	11.7	0.83	0.88	1.60	1.02	2.02	67.1	10.5	12.7	8.33	4.06
	乾物中		0.94	0.99	1.81	1.16	2.29	76.0	11.9			
1:2	現物 (風乾)	12.7	0.79	0.61	1.40	0.82	1.56	59.8	9.2	11.7	8.46	3.93
	乾物中		0.90	0.69	1.60	0.93	1.79	68.4	19.6			
牛糞堆肥*		49.9	2.20	2.90	4.20	1.30	2.90	27.4	34.9	16.7	8.41	4.90

\*：国内29点の平均

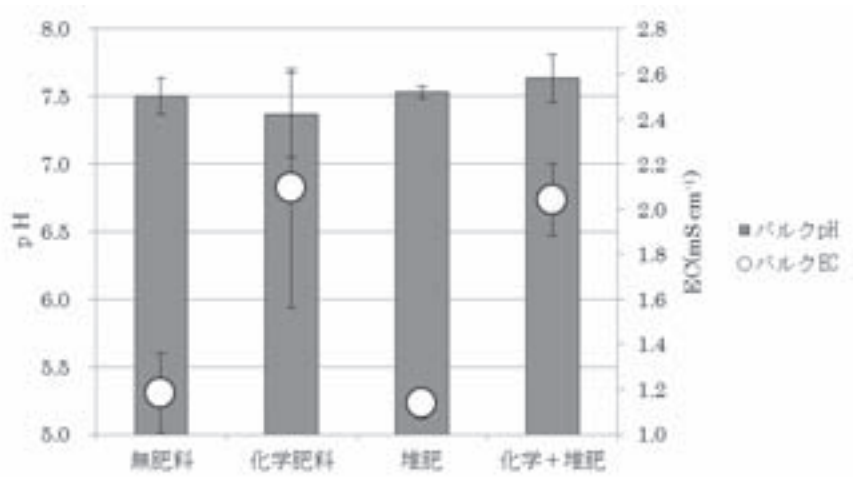


図11 コマツナ発芽試験培地の土壌バルク pH、EC

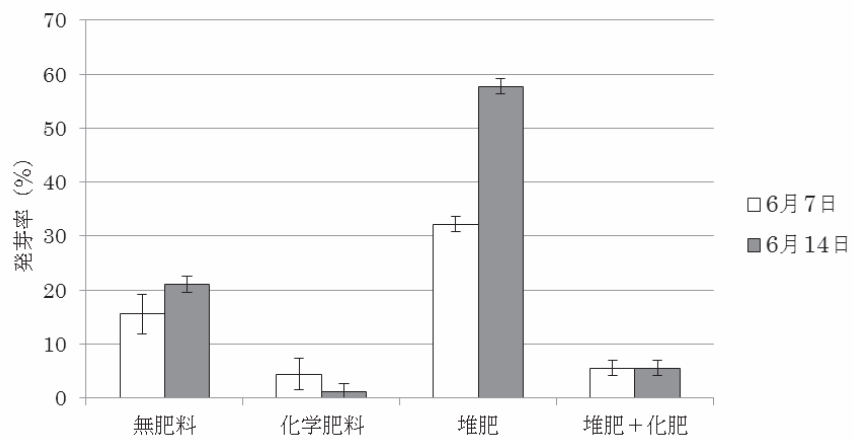


図12 コマツナ発芽率



## 謝辞

本報告は独立行政法人国際協力機構（JICA）「黒竜江省順利村モデル地区資源循環型農村環境構築技術協力事業」（2009年～2011年）で実施した内容の一部である。同機構をはじめ、関係した新潟県国際課・新潟県農業総合研究所・新潟大学農学部・新潟県日中友好協会、受け入れ先の中国東北農業大学・黒竜江省科学技術庁・双城市順利村の関係各位に厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 青山正和. 2010. 自然と科学技術シリーズ「土壌団粒」. pp.24-39. 農文協, 東京.
- 原田靖夫・山口武則. 1997. 家畜排泄物堆肥の品質の実態と問題点. 環境保全と新しい畜産. (社)農林水産技術情報協会. 229-246.
- 橋本良材. 1979. 湿田の乾田化にともなう水稻栽培技術の対応に関する研究. 新潟県亀田郷の事例を中心として. 新潟県農業試験場研究報告, 29:1-40
- JICA.2008. 地域提案型「草の根技術協力事業」市民参加,

[http://www.jica.go.jp/partner/kusanone/chiiki/chi\\_17.html](http://www.jica.go.jp/partner/kusanone/chiiki/chi_17.html)

- U. S. Salinity Laboratory Staff, 1954: Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. Dep. Agri. Hand book, 60, p460
- 新潟県農林水産部, 新潟県における土作りのすすめ方, 平成17年, p 20-25
- 竹中 肇・玉置庸伸・堤 聡・足立忠司・河野英一・石川重雄, 1980: 施肥管理履歴の異なるホ場の土壌物理性とその水分動態, 農業土木学会論文集, 第86号, 1-8
- 梅村 弘. 2009. 貫入硬度計. pp266-269. 土壌診断生育診断大辞典. 農文協, 東京.

## Farmland soil characteristics and crop growth in Shuangcheng Shi, Shunli Cun Region of China

Yoshihiko TAKAHASHI<sup>1\*</sup>, Dong-Sheng HAN<sup>1</sup>, Wataru OYANAGI<sup>2</sup>, Hidetaka HORI<sup>3</sup>, Yong-Qiang ZHANG<sup>4</sup>,  
Yan-Ju ZHANG<sup>4</sup>, Zhi-Wei QIN<sup>4</sup>, Ken-ichi KASUGA<sup>5</sup>

(Received July 5, 2012)

### Summary

We participated in the project of Japan International Cooperation Agency. The candidate for investigation area is Shuangcheng Shi, Shunli Cun Region of China. In this project, survey and analysis of farmland soil was continued for productivity improvement of farmland, and the effective use of livestock excrement. The annual precipitation of the investigation area is 500 mm (semiarid region), most rain will fall between June and August. In the village, about 1,300 dairy cows and 1,800 pigs are bred. However, there is little application to farmland of stock raising excrement, such as compost, and most of cow dung is deposited on the road side. The paddy field zone of the village central part is fine granule gley soil, and its drainage is poor. Soil average pH (H<sub>2</sub>O) was 8.2 (alkalinity). Moreover, soil exchangeable Ca and Mg were excess as 10 times of the standard of Japan. On the other hand, there were few available phosphoric acid and K contents, and mineral balance was bad. The upland field soil of comparatively high hills had elution of minerals. Although soil pH was low and Ca and Mg content were decrease rather than paddy soil, however compared with the standard of Japan, it was a still high level. Growth of the corn which is a mainly cultivated crop in the upland fields and there were no correlation with the soil pH or EC. The physical property (hardness) of soil influenced growth of corn. Soil hardness became low when the rate of the soil macro aggregate increased. The soil macro aggregate increased by the application of the compost, and the soil physical property improved. As a conclusion, compost application to farmland especially to upland field improves crop productivity by soil physical property improvement.

*Bull.Facul.Agric.Niigata Univ., 65(1):39-48, 2012*

**Key words** : China, semiarid area, compost, alkali soil

---

<sup>1</sup> Faculty of Agriculture Niigata Univ.

<sup>2</sup> Niigata Agricultural Research Institute

<sup>3</sup> Graduate School of Science & Technology, Niigata Univ.

<sup>4</sup> Northeast Agricultural Univ.

<sup>5</sup> Japan-China Friendship Association of Niigata Prefecture

\* Corresponding author: takahasi@agr.niigata-u.ac.jp