

●論文

千葉大学森林環境園芸農場の土壌理化学性および微生物性の時間的および空間的変動

—2002年, 2003年および2011年の調査結果の比較—

永野博彦¹・笠原敬弘²・高橋真亜沙²・
吉岡 遼²・孔 玉華¹・八島未和¹・
岡崎正規³・鈴木創三⁴・竹迫 紘⁵・
田村憲司⁶・隅田裕明⁷・川東正幸⁸・
小崎 隆⁸・伊ヶ崎健大⁸・犬伏和之¹

¹千葉大学大学院園芸学研究科²千葉大学園芸学部³東京農工大学大学院生物システム応用科学府⁴東京農工大学農学部⁵明治大学農学部⁶筑波大学大学院生命環境科学研究科⁷日本大学生物資源科学部⁸首都大学東京大学院都市環境科学研究科

Temporal and spatial variation in physiochemical and microbial properties of soils in Chiba University's Environmental Horticulture and Forestry Farm

—Comparative research of results in 2002, 2003 and 2011—

Hirohiko Nagano¹, Takahiro Kasahara², Maasa Takahashi²,
Ryo Yoshioka², YuHua Kong¹, Miwa Yashima¹,
Masanori Okazaki³, Sozo Suzuki⁴, Hiroshi Takesako⁵,
Kenji Tamura⁶, Hiroaki Sumida⁷, Masayuki Kawahigashi⁸,
Takashi Kosaki⁸, Kenta Ikazaki⁸, Kazuyuki Inubushi¹

¹Graduate School of Horticulture, Chiba University,²Faculty of Horticulture, Chiba University,³Graduate School of Bio-Applications and Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology,⁴Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology,⁵Faculty of Agriculture, Meiji University,⁶Graduate School of Life and Environmental Sciences, Tsukuba University,⁷College of Bioresource Sciences, Nihon University,⁸Graduate School of Urban System Science, Tokyo Metropolitan University.

Abstract

Physiochemical and microbial properties of soils at the Environmental Horticulture and Forestry Farm of Chiba University (hereafter referred to as Numata Farm), investigated by the six universities' joint soil research event in September 2011, are reported in this paper. The comparisons between the current and previously reported data (2011 and 2002–2003) on Numata Farm enabled us to discuss temporal and spatial variations of the soil properties. The surface and subsurface soil horizons from 2 forest and 1 orchard soil profiles were sampled for physiochemical and microbial analyses. There were little similarity in the soil property data between 2002 and 2011. The appearance of buried humus layer around 50–65 cm depth and higher active-aluminum-reaction in the soil of orchard were observed in both 2002 and 2011. Soil physiochemical and microbial properties, except for pH (H₂O), total organic carbon and nitrogen concentration, showed relatively large coefficients of variation during 2002 and 2011, regardless of vegetation and soil horizon types, probably because Numata Farm was located in a relatively steep slope (approximately 10°) that could easily impact environmental conditions within a narrow area due to the movement of soils.

Key words: Chiba University's Environmental Horticulture and Forestry (Tone Koreichi) Farm, Soil microbial properties, Soil physiochemical properties, Spatial variation, Temporal variation

キーワード: 千葉大学森林環境園芸農場, 土壌微生物性, 土壌理化学性, 時間的変動, 空間的変動

はじめに

千葉大学森林環境園芸農場(以下, 沼田農場)は, 高冷地に関する教育・研究を行う目的で, 子持山(標高1,298m)の北東斜面・標高725~800mに, 1948年7月に開設された。農場の面積は7.5haで, このうち約2haが果樹園で, 主にりんご

が栽培されている。農場の周辺は林地である。これまでに, 沼田農場では, りんごを主体とした研究や温室効果ガス発生調査などが行われてきた(犬伏ほか2005; Xu and Inubushi 2004, 2007, 2009)が, 土壌に関する調査は2002年および2003年に実施されたのみ(犬伏ほか2004, 2005)で, その後はほとんど実施されていない。

現在, 気候変動をはじめとする様々な環境問題が物質循環

に及ぼす影響が懸念されている。沼田農場は、毎年 の管理体 系につい ての記録が 残されてい ること から、中山間地 および 寒冷地 の農業生態系 のモデル として 重要である。また、沼田 農場は 首都圏で 大気中に 放出され た化学物質 が酸性降 下物や 窒素降下 物として 沈着しや すい位置 にある。従っ て、沼田 農場にお ける物質 循環を包 括的に解 明し、長 期的にモ ニタリ ングして いくこと は重要で あると考 えられ る。

本報告では、前回調査から8年後の2011年9月に実施された6大学による合同土壌調査の結果に基づき、特に土壌の基礎的理化学性および微生物性を報告する。さらに前回調査結果(犬伏ほか2004, 2005)と今回の調査結果を比較し、沼田農場における土壌の諸性質の時間的および空間的変動について議論した。

材料と方法

3か所の調査地(林地2か所、果樹園1か所)の沼田農場における位置を図1に示した。沼田農場の詳細は犬伏ほか(2004)に記載されている。3か所の調査地の名称(植生-標高-調査年)は、それぞれスギ-810-11、広-800-11および果樹-790-11とした。調査地のうち、スギ-810-11は、スギを主植生とする林地であり、沼田農場の斜面上部(標高810m)に位置している。広-800-11は、コナラ・ニホングリ等の林地であり、スギ-810-11と同様、沼田農場の斜面上部(標高800m)に位置している。果樹-790-11は、リンゴを主体とする果樹園であり、沼田農場の斜面中部(標高790m)に位置している。スギ-810-11および果樹-790-11の周辺は2002年および2003年にも調査されており(犬伏ほか2004, 2005)、本研究において、2002年および2003年の調査地の名称は、それぞれ、林地をスギ-800-02およびスギ-800-03、果樹園を果樹-790-02および果樹-750-03とした。本研究において、個々の調査地に言及する際には、上記の調査地の名称を用いた。

2011年9月14日に各調査地で土壌断面調査および土壌採取を行った。土壌断面調査は土壌調査ハンドブック(日本ペドロジー学会1997)に従って行い、断面の調査深度は地表面から最大1mとした。断面調査後に土壌を層位別に採取した。その際、層位断面から土壌を満遍なく採取し、ポリ袋内でよく混合した。後述の理化学性および微生物性の分析には地表面に最も近い2つの層位を供試した。なお、本研究では、地表面に最も近い層(主にA層)を第1層位、第1層位の直下の層位(A, ABもしくはB層)を第2層位と称する。

土壌の理化学性として、pH(H₂O)、電気伝導度(EC)、全炭素(TC)、全窒素(TN)および可溶性有機態炭素(SOC)を測定した。pH(H₂O)、EC、TCおよびTNの測定方法は土壌環境分析法(土壌環境分析法委員会1997)に従った。

また、SOCの測定に際して、湿潤土壌10gを0.5M K₂SO₄溶

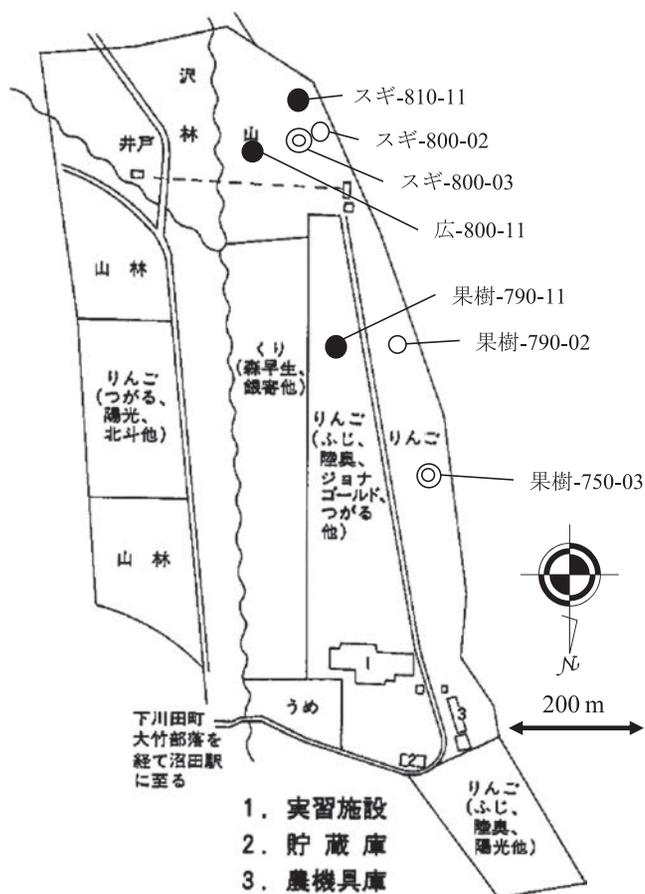


図1 2011年、2003年および2002年に土壌断面調査および土壌採取を行った調査地の千葉大学森林環境園芸農場における位置。

図中の●は2011年、◎は2003年、○は2002年の調査地をそれぞれ表す。調査地の名称は、「植生-標高(m)-調査年」とした(例えば、「2011年に調査した標高810mのスギ林」は「スギ-810-11」で表した)。植生の略称は、それぞれ「スギ林」を「スギ」、「広葉樹林」を「広」、「果樹園」を「果樹」とした。

液50mlとともに100mL容の振とうビンに入れ、30分間振とうした。その後、土壌と0.5M K₂SO₄の混合液をろ紙(ADVANTEC No.6, 東洋ろ紙, 東京)を用いてろ過した。ろ液中の可溶性有機態炭素(SOC)は、全有機炭素分析計(TOC-5000, 島津製作所, 京都)を用いて測定した。

土壌の微生物性として、微生物バイオマス炭素(MBC)、土壌呼吸量およびqCO₂を測定した。MBCおよび土壌呼吸量の測定に際して、湿潤土壌100gをポリ袋に入れ、袋の口にシリコ栓を装着したのち、25℃で1週間培養し、土壌採取時の攪乱の影響を除去した。その後、土壌10g中のMBCをクロロホルム薫蒸-抽出法(Vance et al. 1987)によって測定した。また、別の土壌10gを100mL容バイアルに入れ、25℃でさらに培養し、1週間後にバイアル気相中のCO₂濃度を熱伝導度検出器付きガスクロマトグラフィー(GC-14B, 島津製作所)を用いて測定した。このCO₂濃度から土壌呼吸量を算出した。またqCO₂は、土壌呼吸量をMBCによって除することで算出した。

結果と考察

断面の比較

表1に示したように、第1層位はいずれの調査地でもA層であり、第1層位の厚さはスギ-810-11で15cm、広-800-11で5cm、果樹-790-11で9cmであったが、A層全てを含めると、スギ-810-11で15cm、広-800-11で10cm、果樹-790-11で18cmであり、林地と果樹園でA層の厚さに明らかな違いはなかった。犬伏ほか(2004)が2002年にスギ-800-02および果樹-790-02で調査した際には、スギ林でより厚いA層を報告しており(表2)、厚さの違いの原因としてスギ-800-02における多大な有機物供給量を挙げている。しかしながら、犬伏ほか(2005)が2003年に調査した際には、スギ-800-03のA層は果樹-790-02に対してさほど厚くなかった(それぞれ、27および23cm；表2)ことから、必ずしも林地、特にスギ林でA層が厚くなるわけではないと推察される。

また、いずれの調査地においても、地表から深さ50から65cmで埋没腐植層が出現しており(表1)、犬伏ほか(2004)の報告と一致した。さらにA層と埋没腐植層の間には榛名二ツ岳由来の降下火山灰(西暦500から550年)および降下軽石(西暦550から600年)と思われる礫層が出現した(表1)。

活性アルミニウム反応はスギ-810-11では±から++であったのに対し、果樹-790-11では++から+++であり(表1)、果樹園における高い活性Al反応を報告した犬伏ほか(2004)と一致した。なお、広-800-11では全ての層において+++であった(表1)。以上より各断面とも黒ボク土と判断された。

理化学性の比較

表3に2011年の本調査および2002年・2003年の前回調査(犬伏ほか2004, 2005)の調査地点の第1層位および第2層位の理化学性を示した。また、表4には土壤理化学性の2002年から2011年までの平均値、標準偏差および変動係数を示した。

pH(H₂O)は、調査年・層位に関わらず、林地では5.4から6.0、果樹園では5.9から7.0の範囲にあり(表3)、林地でより低い傾向を示した。また、pH(H₂O)の2002年から2011年までの変動係数は層位に関わらず、林地・果樹園ともに10%以下であった(表4)。

ECは、調査年に関わらず、果樹園の、特に第1層位でより高かった(表3)。但し、ECの2002年から2011年までの変動係数は林地・果樹園に関わらず第1層位で大きく、果樹園の第2層位でのみ6%であった(表4)。

2011年のTCおよびTNは、スギ-810-11および広-800-11でより高い傾向を示し、2003年の傾向と一致したが、2002年は

表1 2011年の調査地の土壌断面記載表

年	植生	標高 (m)	No.	層位†	深さ (cm)	土色	土性‡	活性Al反応
2011	スギ林	810	スギ-810-11	A	0-15	10YR 2/1	SL*	±
				AB	15-28	10YR 2/2	SL**	±
				2Bw	28-47	7.5YR 4/4	SCL***	+
				3Bw	47-65	7.5YR 4/6	SCL	+
				4Ab	65-100+	7.5YR 4/3	CL	++
				A1	0-5	7.5YR 2/1	L*	+++
	広葉樹林	800	広-800-11	A2	5-10	10YR 2/2	SL**	+++
				2C	10-35	7.5YR 3/4	L	+++
				3Bw	35-50	7.5YR 4/5	L	+++
				4A	50-65	7.5YR 3/4	CL	+++
				5A/B	65-90	7.5YR 5/6	CL	+++
				5C	90+	7.5YR 5/8	L	+++
	果樹園	790	果樹園-790-11	Ap	0-9	7.5YR 3/2	SL	++
				A	9-18	10YR 2/3	SL	+++
				AB	18-25	5YR 3/2	SL*	++
				2C	25-41	10YR 8/2	—***	++
				3Bw	41-62	10YR 5/6	—	++
				4A1	62-75	10YR 4/6	L	++
4A2	75-92	10YR 4/4	L	++				
4Bw	92-104+	10YR 6/8	CL	++				

†A層の前に数字が付記されている場合、その層は埋没腐植層であることを示す。

‡土性を表すアルファベット横のアスタリスク(*)は、その層に礫(主に大きさが小から中の半風化した重角礫)が存在していたことを示す(*, 有りおよび含む; **, 富むおよび頗る富む; ***礫土)。

表2 2002年および2003年の調査地の土壌断面記載表 (犬伏ほか 2004a, 2005b)

年	植生	標高 (m)	No.	層位†	深さ (cm)	土色	土性	活性Al反応
2002	スギ林	800	スギ-800-02	A	0-26	7.5YR 3/1	L	+(++)
				B1	26-51	7.5YR 4/4	LiC	+
				B2	51-75+	7.5YR 4/4	LiC	++
	果樹園	790	果樹-790-02	Ap	0-5	10YR 2/2	L	++
				A	5-9	10YR 2/2	L	++
				B1	9-23	10YR 1.7/1	SL	+++
2003	スギ林	800	スギ-800-03	B2	23-51+	10YR 4/4	CL	+++
				A	0-27	10YR 3/2	SL	+++
				Bw	27-62	10YR 4/4	L	+++
	果樹園	750	果樹-750-03	2A	62-94	10YR 4/3	CL	+++
				2Bw	94+	10YR 5/8	LoC	++
				Ap	0-23	7.5YR 2/1	CoSL	++
				2CB	23-27	7.5YR 4/4	L	+
				3BC	27-38	7.5YR 4/6	CL	±
				4Bw	38-54	7.5YR 4/4	CL	+
5AB	54-65	7.5YR 3/2	CL	+				
6A	65+	7.5YR 2/2	CL	+++				

†A層の前に数字が付記されている場合、その層は埋没腐植層であることを示す。

表3 2011年および前回 (2002年および2003年) の調査地の第1層位および第2層位の理化学性†

年	No.	層位	pH(H ₂ O)	EC (mS m ⁻¹)	TC		C/N	SOC (mg kg ⁻¹ 乾土)
					TN (g kg ⁻¹ 乾土)			
2002	スギ-800-02	A	5.7	1.7	62.6	4.9	12.8	300
		B1	6.1	0.7	36.2	3.3	11.0	—
	果樹-790-02	Ap	6.2	4.7	80.9	7.5	10.8	450
		B1	6.4	4.7	41.4	3.5	11.8	500
2003	スギ-800-03	A	5.4	4.1	63.9	5.4	11.9	355
		Bw	5.4	3.3	34.7	3.4	10.3	402
	果樹-750-03	Ap	6.1	5.0	41.9	3.4	12.2	225
		2CB	5.9	4.2	18.4	1.3	14.7	68
2011	スギ-810-11	A	5.4	7.2	120.0	7.2	16.7	319
		AB	5.6	3.7	54.4	3.7	14.9	170
	広-800-11	A1	5.9	11.4	127.9	8.9	14.4	368
		A2	6.0	2.6	44.5	3.2	13.9	370
	果樹-790-11	Ap	6.4	20.2	90.5	8.3	10.9	152
		A	7.0	4.7	38.2	2.7	14.4	118

†2002年および2003年の測定値は、それぞれ犬伏ほか (2004, 2005) より引用した。

表4 土壌理化学性の2002年から2011年までの平均値、標準偏差および変動係数

層位	植生	pH(H ₂ O)	EC (mS min ⁻¹)	TC		C/N	SOC (mg kg ⁻¹ 乾土)
				TN (g kg ⁻¹ 乾土)			
第1	スギ林	5.6±0.2 (4)	6.1±4.2 (69)	94±35 (38)	6.6±1.8 (28)	14.0±2.1 (15)	335±31 (9)
	果樹園	6.2±0.2 (2)	10.0±8.9 (89)	71±26 (36)	6.4±2.6 (41)	11.3±0.8 (7)	276±155 (56)
第2	スギ林	5.8±0.3 (6)	2.6±1.3 (52)	42±9 (21)	3.4±0.2 (6)	12.5±2.2 (18)	314±126 (40)
	果樹園	6.4±0.6 (9)	4.5±0.3 (6)	33±12 (38)	2.5±1.1 (46)	13.6±1.6 (12)	229±236 (103)

括弧内の値は変動係数で単位はパーセント (%)。

むしろ果樹-790-02で高かった（表3）。また、調査年・植生に関わらず、TC・TNは第1層位から第2層位にかけて減少する傾向を示した（表3）。2002年から2011年までの変動係数は、林地の第2層位（6%）を除き、21から46%であった（表4）。また、C/N比もある程度の変動を示しているものの（7から18%；表3）、林地の第1層位は果樹園の第1層位と同等かより高いC/Nを示していた（表3）。

TC・TNと同様に、2003年および2011年の可溶性有機態炭素（SOC）は、林地でより高い傾向を示し、2002年はむしろ果樹-790-02でより高かった（表3）。また、2003年および2011年の調査では、林地・果樹園ともに第1層位から第2層位にかけて減少する傾向があった（表3）。2002年から2011年までの変動係数に着目すると、変動係数は林地の第1層位のみで小さく、果樹園の第1層位・第2層位において特に大きかった（表4）。

微生物性の比較

表5に2011年の本調査および2002年・2003年の前回調査（犬伏ほか2004, 2005）の調査地点の第1層位および第2層位の微生物性を示した。また、表6には土壌微生物性の2002年から2011年までの平均値、標準偏差および変動係数を示した。

第1層位の微生物バイオマス炭素（MBC）に着目すると、2002年および2011年は林地および果樹園で同程度あり（1,033から1,336mg kg⁻¹乾土）、2003年のみスギ-800-03のMBCは果樹-750-03よりも多かった（表5）。また、2003年の第1層位のMBCは、植生に関わらず他の2年に比べて少なく（表5）、2002年から2011年までの変動係数は特に果樹園で大きかった（表6）。第2層位のMBCに着目すると、植生の違いで比較可能な2003年および2011年では、林地でより多かった（表5）。また、2011年の林地のMBCに着目すると、第1層位・第2層位ともにスギ-810-11よりも広-800-11で多かった。

表5 2011年および前回（2002年および2003年）の調査地の第1層位および第2層位の微生物性†

年	No.	層位	MBC (mg kg ⁻¹ 乾土)	土壌呼吸量 (mg CO ₂ -C kg ⁻¹ 乾土week ⁻¹)	MBC/TC	MBC/SOC	qCO ₂
2002	スギ-800-02	A	1,100	100	17.6	3.7	0.54
		B1	—	—	—	—	—
	果樹-790-02	Ap	1,200	190	14.8	2.7	0.94
		B1	300	—	7.2	0.6	—
2003	スギ-800-03	A	613	60	9.6	1.7	0.58
		Bw	328	20	9.4	0.8	0.36
	果樹-750-03	Ap	296	30	44.9	18.4	0.60
		2CB	145	15	16.1	4.6	0.62
		A	1,033	30	8.6	3.2	0.17
スギ-810-11	AB	474	7	8.7	2.8	0.09	
2011	広-800-11	A1	1,306	73	10.2	3.5	0.33
		A2	671	35	15.1	1.8	0.31
	果樹-790-11	Ap	1,336	42	14.8	8.8	0.19
		A	148	7	3.9	1.3	0.30

†2002年および2003年の測定値は、それぞれ犬伏ほか（2004, 2005）より引用した。

表6 土壌微生物性の2002年から2011年までの平均値、標準偏差および変動係数

層位	植生	MBC (mg kg ⁻¹ 乾土)	土壌呼吸量 (mg CO ₂ -C kg ⁻¹ 乾土week ⁻¹)	MBC/TC	MBC/SOC	qCO ₂
第1	スギ林	1,013 ± 291 (29)	66 ± 29 (45)	11.5 ± 4.1 (36)	3.0 ± 0.9 (29)	0.4 ± 0.2 (47)
	果樹園	944 ± 565 (60)	87 ± 89 (102)	24.8 ± 17.4 (70)	10.0 ± 8.0 (80)	0.6 ± 0.4 (65)
第2	スギ林	491 ± 172 (35)	21 ± 14 (67)	11.1 ± 3.5 (31)	1.8 ± 1.0 (55)	0.3 ± 0.1 (57)
	果樹園	198 ± 89 (45)	11 ± 5 (47)	9.1 ± 6.3 (69)	2.1 ± 2.1 (100)	0.5 ± 0.2 (49)

括弧内の値は変動係数で単位はパーセント（%）。

続いて、CO₂放出量に着目すると、第1層位ではスギ-800-02および果樹790-02で最も多く、第2層位では広-800-11で最も多かった(表5)。また、2003年から2011年までの変動係数は、植生・層位に関わらず40%以上を示した(表6)。

基質である炭素の可給性を表す指標であるMBC/TCおよびMBC/SOC(Anderson and Domsch 1989; Fließbach et al. 1994)は類似した挙動を示し、MBC/TC・MBC/SOCともに果樹-750-03の第1層位で最も高い値を示した(表5)。また、2003年から2011年までの変動係数は、果樹園の第1層位・第2層位において60%以上を示した(表6)。

微生物代謝の効率性を表す指標である qCO_2 (Anderson and Domsch 1994)は、0.09から0.94と広い範囲を示したが、林地と果樹園で明らかな違いは無かった(表5)。

理化学性と微生物性の相関関係

表7には土壌の理化学性および微生物性の相関関係を示した。pH(H₂O)、C/N比、SOCはいずれの項目とも有意な相関を示さなかった。ECに注目すると、TC、TNおよびMBCとの間に正の相関を示した(表7)。また、TC、TNおよびMBCは相互に正の相関を示した。CO₂放出速度はMBC、MBC/TC、MBC/SOCおよび qCO_2 と正の相関を示し(表7)、これは微生物量、代謝速度、代謝の効率性および基質の利用性が相互に影響し合っていることを反映していると考えられる。2003年の調査においても、MBCとCO₂放出速度の間に正の相関が認められている(犬伏ほか2005)。また、MBC/TCとMBC/SOCの間に強い正の相関が認められた。

まとめ

調査項目のうち、2002年から2011年まで共通した傾向を示

したものはほとんど無かった。土壌断面調査では、地表から深さ50から65cmにおける埋没腐植層の出現および果樹園における高い活性Al反応が2002年から2011年の調査で共通していた。pH(H₂O)以外のほとんどの理化学性および微生物性は、植生の違い・層位の違いに関わらず2002年から2011年にかけて比較的大きな変動係数を示していた(表4、表6)。pH(H₂O)以外で2002年から2011年にかけて共通した傾向としては、TC・TNの第1層位から第2層位にかけての減少があった。2002年から2011年にかけての比較的大きな変動は、沼田農場の空間的変動の大きさに由来する、と考えられる。具体的には、沼田農場が傾斜地(傾斜10°程度)に位置しているために、土壌の移動や標高の変化が起こりやすく、狭い面積で環境の変化が起こることが影響していると考えられる。変動の原因としては、経年変化や調査時期の違い(特に2002年と2003年・2011年)も考えられるが、動的平衡状態に達している林地内においても変動がみられることや調査時期が同じ2003年と2011年においても同じ植生内で測定値が大きく異なることから、経年変化および調査時期時の違いが原因ではないと考えた。今後、沼田農場において物質循環を包括的に解明し、長期的にモニタリングしていく際には、本調査で明らかになった空間的変動に、十分に配慮していくことが求められる。

謝 辞

本調査を行うにあたり、千葉大学森林環境園芸農場元技官の原準之助氏には、施設利用にあたり大変お世話になった。この場を借りて御礼申し上げる。

表7 2011年および前回(2002年および2003年)の調査地土壌の理化学性および微生物性の相関行列(n=12または13)

	pH(H ₂ O)	EC	TC	TN	C/N	SOC	MBC	CO ₂	MBC/TC	MBC/SOC	qCO_2
pH(H ₂ O)	—										
EC	0.263	—									
TC	-0.194	0.566*	—								
TN	-0.095	0.666*	0.936**	—							
C/N	-0.131	-0.127	0.234	-0.099	—						
SOC	-0.231	-0.223	0.247	0.310	-0.382	—					
MBC	-0.138	0.559*	0.854**	0.922**	-0.067	0.265	—				
CO ₂	0.042	-0.021	0.366	0.543	-0.421	0.018	0.631*	—			
MBC/TC	0.009	-0.027	-0.177	-0.115	-0.209	-0.160	-0.071	0.622*	—		
MBC/SOC	0.123	0.297	-0.008	0.044	-0.129	-0.361	0.007	0.620*	0.917**	—	
qCO_2	0.073	-0.344	-0.222	-0.049	-0.465	-0.176	-0.007	0.705**	0.210	0.158	—

*および**は、それぞれ有意水準5%および1%で無相関検定により有意な相関であることを示す。n=13のとき、 $r > 0.553$ ならば有意水準5%で、 $r > 0.684$ ならば1%で有意であった。n=12のとき、 $r > 0.576$ ならば有意水準5%で、 $r > 0.708$ ならば1%で有意であった。

和文抄録

本報告では、千葉大学森林環境園芸農場（以下、沼田農場）において、2011年9月に実施された6大学による合同土壌調査の結果に基づき、特に土壌の基礎的理化学性および微生物性を報告した。さらに前回（2002年および2003年）と今回の調査結果を比較し、沼田農場における土壌の諸性質の時間的および空間的変動について議論した。

沼田農場内にある林地2か所、果樹園1か所において、土壌断面調査および土壌理化学性・微生物性の分析を行った。理化学性および微生物性の分析には地表面に最も近い最も近い層（第1層位）および第1層位の直下の層位（第2層位）を供試した。

調査項目のうち、2002年から2011年まで共通した傾向を示したものはほとんど無かった。土壌断面調査では、地表から深さ50から65cmにおける埋没腐植層の出現および果樹園における高い活性Al反応が2002年から2011年の調査で共通していた。また、pH(H₂O)・全炭素・全窒素の以外の理化学性および微生物性は、植生の違い・層位の違いに関わらず2002年から2011年にかけて比較的大きな変動係数を示していた。その理由としては、沼田農場が傾斜地（傾斜10°程度）に位置しているために、土壌の移動や標高の変化が起こりやすく、狭い面積で環境の変化が起こることが影響していると考えられた。

引用文献

- Anderson, T.H. and Domsch, K.H. (1989) Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biology and Biochemistry* 21: 471-479.
- Anderson, T.H. and Domsch, K.H. (1993) The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environ-

mental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 393-395.

- 犬伏和之・坂本一憲・岡崎正規・豊田剛己・徐 星凱・萩山慎一・奥山 新・柴田良隆・洲脇康史・山岡順子・牛渡シルビオ良治・オスランジュマディ・小田順子・見富健志・米田理津子・北原克也・円谷恭子・野原滋久・濱脇康介・水野崇行・鈴木創三・田中治夫・隅田裕明・竹迫 紘 (2005) 千葉大学森林環境園芸（利根高冷地）農場の土壌の諸性質について（第1報）—土壌の微生物性、ガス生成と微量元素分析、千葉大園芸学報59: 1-7.
- 犬伏和之・坂本一憲・岡崎正規・豊田剛己・徐 星凱・ソロモンアタイ・牛渡シルビオ良治・大久保亜希恵・津久井真紀・船曳 知明・宮本 寛・村上未央・小田順子・堅田美紗子・米田理津子・大橋 真理子・小杉 知子・田中 秀治・田 沼 里 子 (2004) 千葉大学森林環境園芸（利根高冷地）農場の土壌の諸性質について（予報）、千葉大園芸学報58: 1-9.
- 土壌環境分析法委員会 (1997)：土壌環境分析法，博友社，東京。
- Fließbach, A., Martens, R. and Reber, H.H. (1994) Soil microbial biomass and microbial activity in soils treated with heavy metal contaminated sewage sludge. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 1201-1205.
- 日本ペドロロジー学会 (1997) 土壌調査ハンドブック，博友社，東京。
- Vance, E.D., Brookes, P.C. and Jenkinson, D.S. (1987) An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 703-707.
- Xu, X. and Inubushi, K. (2004) Effects of N sources and methane concentrations on methane uptake potential of a typical coniferous forest and its adjacent orchard soil, *Biology and Fertility of Soil* 40: 215-221.
- Xu, X. and Inubushi, K. (2007) Production and consumption of ethylene in temperate volcanic forest surface soils, *European Journal of Soil Science* 58: 668-679.
- Xu, X. and Inubushi, K. (2009) Ethylene oxidation, atmospheric methane consumption, and ammonium oxidation in temperate volcanic forest soil, *Biology and Fertility of Soil* 45: 266-271.

(受付：2012年5月16日 受理：2012年8月2日)