千葉中央博自然誌研究報告 特別号 1：19-31. 1994 年 3 月.

生態園の整備に伴う地形，土壌，植被の変化

山口　剛・中村俊彦

千葉県立中央博物館
〒260 千葉市中央区青葉町 955-2

要　旨　千葉県立中央博物館生態園は，房総の代表的な自然の再現を試みるとともに，各種動植物の生態や自然環境の保全・復元等に関する調査研究を行う野外の博物館施設である．生態園を整備するにあたり，房総地域の代表的な植生タイプの再現や，オリエンテーションハウスや野鳥観察舎，管理棟など，来園者用の教育施設や管理施設の建設が計画され，そのために土地造成，土壌改良等のさまざまな基盤整備のための工事が実施された．これらの整備工事による地形及び土壌の改変，またこれに伴う植被の変化を工事記録や空中写真等に基づき解析した．

生態園の地形・土壌改変が生物群集に対しどのような影響を及ぼすかについては，まだ調査結果がまとまっているわけではないが，今後，現在進行中の動植物の生息状況のモニター結果とここに提示した情報とを組み合わしていくことによって，土地造成と生物相との相互関係を定量的に把握していきたいと考える．

キーワード：地形改変，土壌，植被，整備工事，自然復元，生態園．

既存の自然環境を保全することはもちろん，都市化等によって一度破壊された自然環境を復元・再生させることは生態学的にも重要な研究課題の一つである．千葉県立中央博物館生態園は，千葉市の市街地にほど近い都市公園内にあって，この地の既存の自然環境を活かしつつ野外展示として房総の代表的な自然の再現を試みるとともに，各種動植物の生態や自然環境の保全・復元等に関する調査研究を行う博物館施設である．

生態園を整備するにあたり，房総地域の代表的な植生タイプ，すなわち照葉樹林，針葉樹林，落葉広葉樹林，ススキ草地，湿原などの再現や，オリエンテーションハウスや野鳥観察舎，管理棟などの来園者用の教育施設や管理施設の建設が計画され，そのために土地造成，土壌改良，樹木等の植栽・移植，工作物の設置等の多くの基盤整備のための工事が実施された（中村，1993）．

生態園の整備に当っては既存の自然環境を最大限保全・活用することを基本とした．このような自然環境の保全を前提とした開発事業や破壊された自然環境の復元等の実施にあたっては，いかに既存自然環境を損なうことなく基盤整備を行うかか重要な課題である．そして，このためには，工事等による環境の質的及び量的な改変状況と，動植物の再移入や定着の状況を具体的に調査し，各種の工事が自然に対しどのようなインパクトを及ぼしているのかを明らかにしていく必要がある．しかし，このような観点から行われた研究はまだ少ない．

本報は，生態園の整備のために改変された地形と土壌の状況，これに伴う植被の変化について報告するものである．生態園の場合，植物相や動物相が長期にモニターされその情報が集積されてきているが，その結果が本報の環境改変等に関する情報と組み合わせられることによって，人為による地形や土壌の改変の規模や処理方法がその生物相へいかに影響しているかが明らかにされていくことであろう．

調　査　地

1. 生態園の概要

生態園は，面積 54 ha の千葉県立青葉の森公園の北端に位置し，舟田池と呼ばれる約 1 ha の溜池を中心に約 6.6 ha の敷地を有している．これに隣接する中央博物館の本館の敷地は約 1.3 ha で，その内建築面積は約 7100 m^2 である．標高の最も低い所は舟田池の底で約 9 m，最も高いところは台地上の標高 23 m である．一帯は標高約 20 m の洪積台地と標高約 10 m の沖積平野とがおりなす起伏に富んだ谷津地形である．生態園と同じ千葉市内にある千葉測候所の観測によると，年平均気温約 15.0℃，年平均降水量約 1250 mm である（気象庁，1991）．

植物社会学的観点からの生態園とその周辺地域の潜在自然植生は，斜面から台地にかけてはシラカシ群集の典型群集からケヤキ亜群集，また，谷底低地はクヌギ・ハンノキ群落又はヨシ群落と判断されている（千葉県都市計画課，1982）．千葉県は気候的には暖温帯に属し，植生は極相の森林でいえば照葉樹林帯に属する（沼田，1975）．しかし，人為の影響によって自然林は非常に少なく，生態園を含む北総域の森林植生はイ

ヌシデ，コナラ，クヌギの優占する落葉広葉樹林の二次林が多い．

青葉の森公園とその周辺地域は，1917年（大正6年）4月から1980年（昭和55年）1月まで農林水産省畜産試験場であった．畜産試験場70年史（畜産試験場創立70年記念事業協賛会，1986）によると，現在の中央博物館の本館の場所にはかつて畜産試験場の共同実験室があり，生態園の管理棟付近は養蜂実験室，そして植物群落園の一体は家畜牧場として利用されていた．1980年にこの畜産試験場が筑波研究学園都市に移転した後，1982年には跡地の大部分が県立青葉の森公園として整備が事業化され，その周辺部は住宅・都市整備公団が担当する千葉寺土地区画整理事業区域となった．

生態園では，千葉県にみられる代表的な植物群落を再現，展示しているが，それぞれの植物群落ごとに動植物が一体となった生態系を復元することが最終目標である（中村，1993）．台地上にあった旧畜産試験場の建物などは撤去され，牧草地の地域は土地造成等の基盤整備の後，各群落をつくるための植栽工事あるいは移植工事が実施された．工事終了後は，生態園の植生はできるだけ人為によらず自然の状態で管理されている．林内は植栽木への水まきやクズ等の蔓切り及び有機肥料による施肥は行っているが，薬剤散布や除草は行っていない．園路は砂利びきで人の通行に差し支えなければ雑草の除去は行っていない．また，舟田池の周りの斜面上にある畜産試験場時代から残されているイヌシデやコナラ，クヌギが優占する落葉広葉樹の二次林は展示植生の一部として，また同時に動植物のサンクチュアリーとして保存し，人の立入りは極力ひかえられている．

2. 整備工事の経過

博物館建設の為の最初の工事は，1986年2月～3月に実施された本館造成工事予定地の樹木を生態園予定地に移植するための根廻し工事であった．その後，畜産試験場時代の建物が取り壊され，本館造成工事が1986年6月から着手され，同年10月に完了した．その後同年10月から約18ヶ月に及ぶ博物館本館の建設工事が開始された．

生態園建設の為の最初の工事は，1987年4月～9月まで実施された生態園の植物群落園付近の文化財発掘調査であった．その後同年12月から翌年の1988年3月まで植物群落園付近の造成工事が実施され，造成終了後はすぐに植栽工事が始められた．1988年には，6月から植物分類園・生態実験園付近の造成工事が始まり，7月には橋梁整備工事，8月にはオリエンテーションハウス，管理棟及び温室等の建築・設備並びに生態園の電気・給排水工事等も始まった．9月から10月にかけては植物群落園の残りの植栽工事や本館外構の植栽工事も始められた．10月からは舟田池の第一期整備工事，すなわち池底の浚渫の後に山砂を敷く工事に着手した．1989年（平成元年）には，2月に本館と同時に工事の終了した生態園の植物群落園が一般公開された．開園後もさらに整備工事は続き，6月からは野鳥観察舎建築工事とせせらぎ整備工事が始められた．8月には舟田池の第二期整備工事が着手され，そして11月に湿原整備工事も始められた．1990年は，3月に第二期舟田池整備等の工事が終了し，4月に生態園野鳥観察舎とその周辺を一般公開した．同年11月～1991年3月には外周木柵工事がおこなわれた．1991年1月～3月には植物分類園の植栽工事とせせらぎ周辺の樹木の移植工事が行われ，同年の9月～11月には舟田池東側の都市計画道路擁壁の着色や植栽の修景処理等の工事が行われた．1992年2月～3月には樹木補植等の工事を行い，1993年の1月～3月には湿原の微地形を改善するとともに漏水防止のための工事を行った．以上の整備工事の詳細については中村(1994)にまとめられている．今後は，1994年と1995年に植物分類園と生態実験園の整備をおこない，1995年4月には生態園を全面公開する予定である．

調査方法

1. 地形改変

生態園全域について，工事前の地形の状況及び土地造成工事の際にどのような処理を施したかを，工事の作業記録等を整理し，解析した．

生態園内で造成工事がおこなわれた地域の具体的な地形の改変状況を調べるために，工事前と工事終了後の地盤高の変化を求めた．この地域については工事開始前の1987年に千葉県教育庁の生態園の実施設計業務委託の一貫として造成平面図(1/500)が作成された．この際に，南北東西の方位に沿った20m間隔の正方形のメッシュが施され，その交点の地盤高が示された．そして，造成工事終了後の1991年には当館の委託により房総測量(株)が，同じ地域の1/500の平面図を測量・作図し，1987年の造成平面図上に示された地点と同じメッシュ交点の地盤高を再測量した．各メッシュごとに，4交点の改変前の地盤高と改変後のそれの差（土工高）の平均値を求め，この値にメッシュの面積(400 m^2)をかけた値を，各メッシュの切土量・盛土量とした．切土の大半は，ほとんど調査地内の盛土に用いられたので，切土量の総量と盛土量の総量のうち大きな方を移動土量とした．この移動土量を調査地全体の面積で除した値，すなわち平均撹乱深（田村ほか，1983）を求め，地形改変規模の指標とした．また，生態園が設置された地域の畜産試験場時代の地形図は，公園及びその周辺地域の整備工事が行われる前に作成された1/1000の千葉寺地区区画整理事

表 1. 上空から生態園を撮影した写真

年	月 日		方法	撮影者
1970	1月頃	白黒	飛行機	京葉測量（株）
1980	1月頃	白黒	飛行機	京葉測量（株）
1983	5月18日	カラー	飛行機	住宅都市整備公団
1983	5月18日	カラー	飛行機	住宅都市整備公団
1985	5月17日	カラー	飛行機	住宅都市整備公団
1985	5月17日	カラー	飛行機	住宅都市整備公団
1986	1月頃	白黒	飛行機	京葉測量（株）
1987	1月頃	白黒	飛行機	京葉測量（株）
1987	7月23日	カラー	飛行機	住宅都市整備公団
1987	7月23日	カラー	飛行機	住宅都市整備公団
1987	7月23日	カラー	飛行機	住宅都市整備公団
1988	1月頃	白黒	飛行機	京葉測量（株）
1989	1月頃	カラー	飛行機	京葉測量（株）
1989	3月30日	カラー	飛行船型気球	千葉県立中央博物館
1989	7月21日	カラー	飛行船型気球	千葉県立中央博物館
1989	9月25日	カラー	飛行機	住宅都市整備公団
1990	1月頃	カラー	飛行機	京葉測量（株）
1991	11月27日	カラー	飛行船型気球	千葉県立中央博物館
1991	11月27日	カラー	飛行船型気球	千葉県立中央博物館
1991	11月27日	カラー	飛行船型気球	千葉県立中央博物館
1991	1月頃	カラー	飛行機	京葉測量（株）
1992	1月頃	カラー	飛行機	京葉測量（株）
1992	5月21日	カラー	飛行機	住宅都市整備公団

業の計画図を基に作成した．

2. 土壌改変

生態園の整備工事前の土壌調査は，生態園の基本設計業務委託の一貫として(株)クレアテラ及び(株)総合設計研究所によって実施された．調査は1987年8月18日に，全く造成されていない台地上と北斜面上，南東斜面上の3ヶ所の土壌断面の調査が行われ，同時に試料の物理的，化学的性質の分析用の未攪乱試料の採取もおこなわれた．この試料は各層位の漸変部をさけて，100 cc の無底円筒で採取され，表3と4に示す物理的・化学的特性について分析した．生態園の整備工事後の土壌状況については，整備工事中の作業記録等を参照して解析した．

3. 植被変化

飛行機と小型飛行船を使用して上空より生態園とその周辺地域を撮影した写真（表1）を基に，植被の変化を調べた．樹林地の植被の程度は毎年ほぼ同じ時期に同じ高度で撮影を行っている京葉測量(株)による写真を基にそれと近い時期に住宅・都市整備公団等によって撮影された写真及び当館所有の小型飛行船によって撮影した写真も参考にして判読した．1970年，1980年及び1986年並びに1988年から1992年にかけて毎年撮影された写真を使用した．また，樹林地に草地を加えた状況は1986年，1988年，1990年，1992年の4ヶ年について調べた．これは京葉測量(株)による航空写真をすべて同じサイズ（約1/2600）に引き延ばした後，舟田橋などの全ての写真に共通して写っている建築物を手がかりに，南北東西の方位に沿った20m間隔の正方形のメッシュを作図し，これらのメッシュ内の植被の比率を判読した．これらの写真は1月から2月にかけて撮影されたものなので，地表が見える程度を基準にして，植被の状況を次の4段階に分けた：I, 約75% 以上地表が見える；II, 約25～75% 地表が見える；III, 約25% 以下地表が見える；IV, 地表が見えない．

結果と考察

1. 地形改変

図1には，現在生態園がある地域の畜産試験場時代の地形図を示した．図2には1991年に測量された生態園の地形図が示してある．図3には生態園全域について，工事記録をもとに土地造成の際にどのような処理が施されたかを示した．造成工事が，全く行われなかったのは，舟田池周辺の斜面と現在の昆虫食草園付近の地域だけである．

図4には，舟田池周辺の斜面と本館付近を除いた地域の，土地造成工事による地盤高の変化が一辺20 mの正方形のメッシュごとに示してある．図3と図4は，ほぼ同じ傾向を示しているので，地盤高の差をもとに作成した図はかなり正確に造成工事の状況を反映

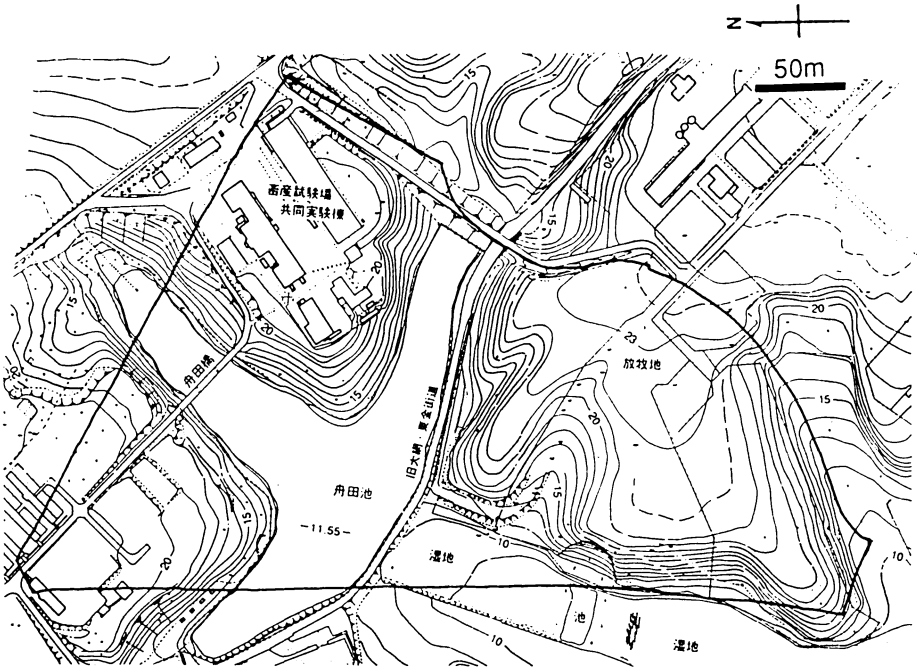

図 1.　整備工事前の生態園とその周辺の地形．実線の範囲が現在の生態園の敷地を示す．造成工事が開始される前に作成された 1/1000 の千葉寺地区土地区画整理事業の計画図を基に作成した．

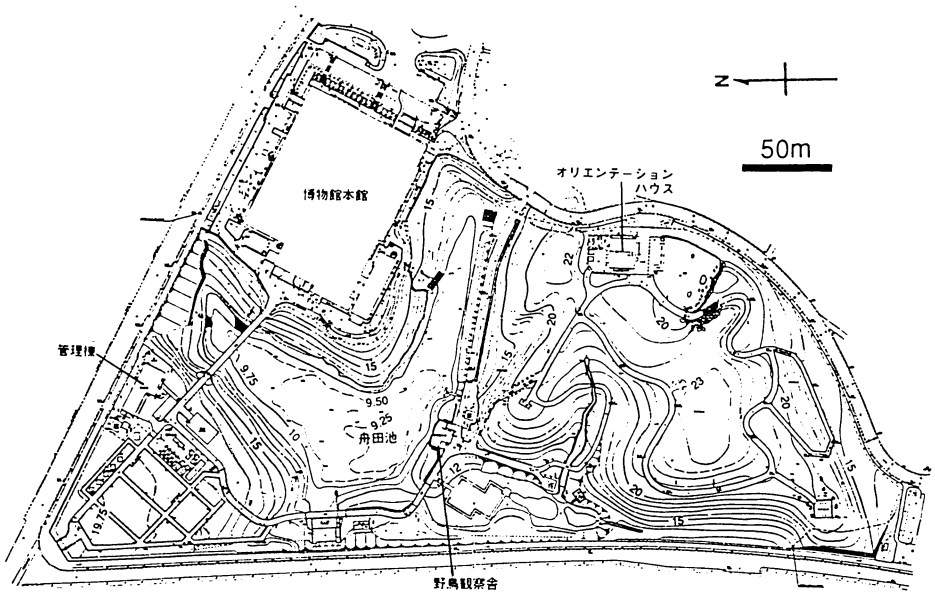

図 2.　整備工事後の生態園の地形．1991 年に測量業者によって測量された 1/500 の平面図をそのまま縮小して掲載した．

している．生態園内では，地盤の高さで最大 3.3 m の切り取りと最大 4.2 m の盛り上げが行われている．造成工事が行われた地域の 21% は，地盤高の変化が ±0.2 m であり，ほとんど変化していない．切土総量は 18488 m^3 で，盛土総量は 22776 m^3 に達すると見積もられ，この大きい方の値（盛土総量）を移動土量として平均攪乱深を求めると 0.47 m であった．

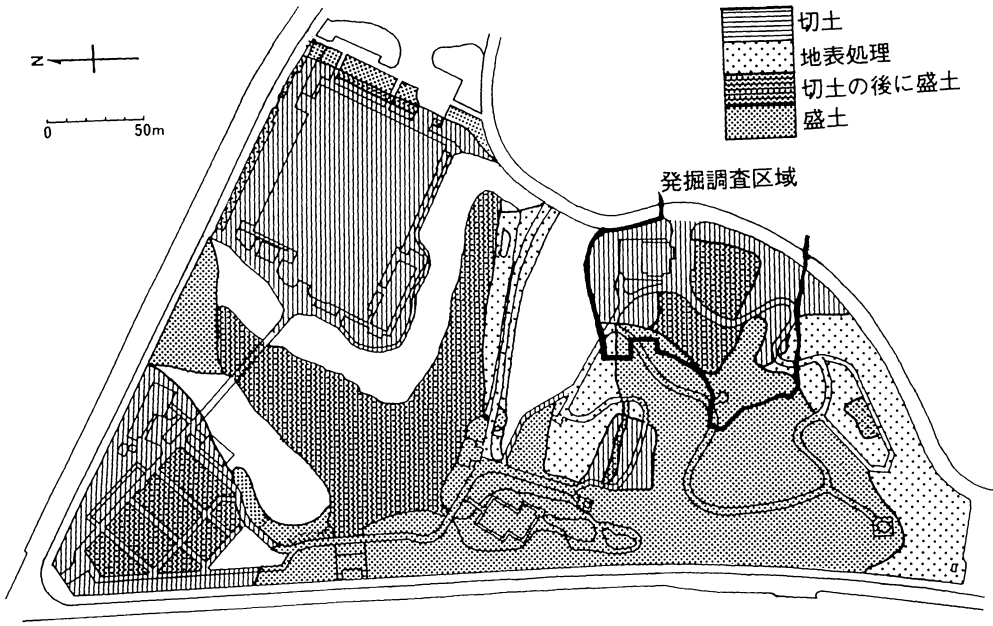

図3. 生態園整備工事による地形処理状況．工事記録等を基に作成した．

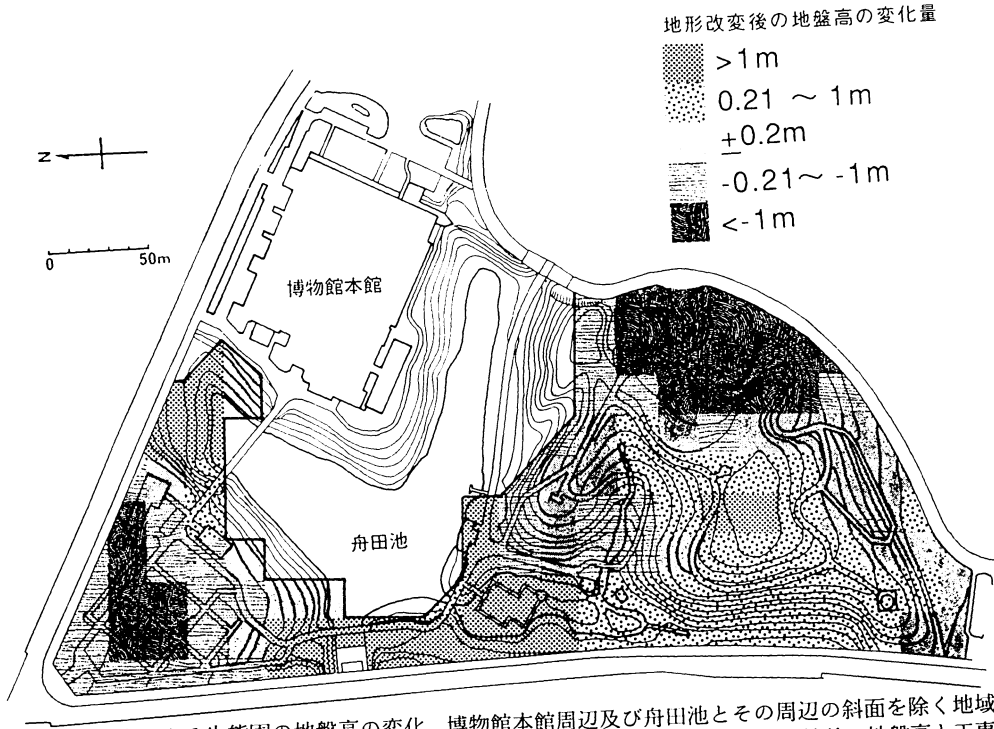

図4. 整備工事による生態園の地盤高の変化．博物館本館周辺及び舟田池とその周辺の斜面を除く地域に，南北東西の方位に沿った 20 m 間隔の正方形のメッシュを施し，各交点の造成工事開始前の地盤高と工事終了後の地盤高の差を求め，各メッシュごとに 4 交点の平均値を求めた．

大規模住宅地開発に伴う平均表層攪乱深の平均的な値は，丘陵地では 4 m 程度，台地では 2 m 程度，低地では 1 m 程度と見積もられる（武内・吉岡，1982）．生態園における平均表層攪乱深は，これらの値に比べれば小さく，比較的小規模の地形改変であったといえる．

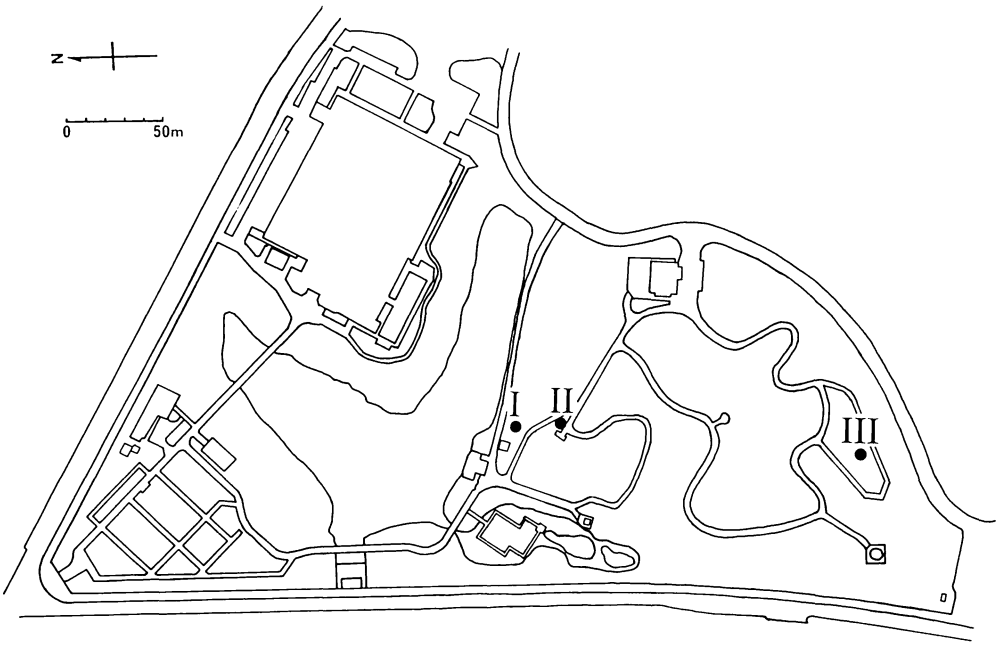

図 5. 生態園整備工事前に行われた土壌調査地点．I, II, III が調査地点を示す．1987 年 8 月 18 日に，まだ造成されていない場所を調査した．

2. 土壌改変

1) 整備工事前の土壌

(1) 土壌構造

図 5 には土壌調査地点が示してある．地点 I は，谷低地から台地斜面に上がりだした斜面下部で標高 16 m である．付近は勾配が急なため 1 m 程度の小崩壊をおこしていた．植生はイヌシデ，コナラ等の落葉広葉樹が被い，林床は崩壊部を除いて草本に被われていた．地表には厚さ 1 cm 程度の腐植層が堆積していた．A 層の最表層部は厚さ 2 cm で団粒状で腐植を多く含み暗褐色を呈していたが，その下部は粒状で褐色であった．A 層中には植物根が多かった．深さ 35 cm 前後から砂質で褐色の B 層に移行し，深さ 67 cm から厚さ 3～8 cm の黒褐色の団結した盤層があり，これ以下は C 層になった．C 層は壁状で土壌硬度が高かった（図 6，表 2）．

地点 II は，地点 I から斜面を上りきった台地上面の平坦な所で標高 21m である．付近は散在した落葉広葉樹の間にブタクサなどの草本植物が群落をつくっていた．地表には厚さ 2 cm 程度の腐植層が堆積していた．A 層中には植物根が多く，最表層部は層厚 2 cm の団粒状で腐植を多く含み暗褐色を呈していたが，下部は弱い塊状で褐色であった．深さ 33～40 cm 前後から褐色の B 層に移行した．B 層は弱い塊状で，80 cm 以下では土壌硬度を増し，植物根はほとんど見られなかった（図 6，表 2）．

地点 III は，南東向き斜面の中腹で標高 17 m の地点である．土壌表面は，ブタクサなど草本植物のリター層が約 3 cm 堆積していた．A 層は薄く約 5 cm で，腐植を多く含み暗褐色で固粒状になっていた．その下の B 層は壁状で土壌硬度が高かった．地表面からの深さが約 30 cm 以下には，埋没土壌の旧 A 層が発見された．これは厚さが約 50 cm ある褐色のシルト質埴壌土で，塊状構造を呈していた，深さ約 80 cm 前後からは，壁状で土壌硬度の高い旧 B 層となる（図 6，表 2）．

安西・渡辺 (1988) 及び岩井 (1988) は，現在の生態園の植物群落園区域の土壌の状況を報告している．これらによると，台地上から斜面にかけての土壌は，表層腐植質黒ボク土と淡色黒ボク土である．台地上は，黒褐色から暗褐色の壌土の厚さ約 20 cm～40 cm の A 層があり，その下には褐色の埴壌土の B 層，さらに，地表面から 70 cm～80 cm の深さのところには明褐色の埴壌土の B 層がみられる．一方，台地斜面の土壌は台地上面に比べると A 層が異常に厚く約 1 m の厚さの所も確認されている．これは，台地上からの腐植層が流水等によって侵食され流れ込んできたものと考察されている．また，斜面の下部では C 層に黄褐色の砂土が確認されている．これは下総層群成田層の砂質の海成土層で，その上面は標高 18.5 cm に位置する．

千葉県の北総域の土壌は，洪積台地を中心に関東ローム層に由来する黒ボク土，また沖積平野にはグライ土や泥炭土及び黒泥土に覆われている（松井，

表 2. 生態園の土壌の層位構造．調査地の位置は図 5 に示す．

地点	試料No.	層位	深さ (cm)	土色(マンセル記号) 湿時(現場土)	土色(マンセル記号) 乾時(風乾土)	土性名	硬度 (山中式，mm)	備考
I	7	A11	0～ 2	暗褐 10YR3/4	褐 10YR4/4	-	-	団粒構造．根極めて多し．
	8	A12	2～ 30	褐 10YR4/4	褐 10YR4/6	重埴土	11-14	粒状構造．根極めて多し．
	9	B2	40～ 50	褐 10YR4/6	黄褐 10YR5/6	砂質埴壌土	22-24	塊状弱度．根有り．
	10	C1	67～ 75	褐 7.5YR4/6	黒褐 10YR3/2	-	32	盤状構造．根なし．
	11	C2	80～100	にぶい黄褐 10YR5/4	黄褐 10YR4/3	砂質埴壌土	27-28	壁状構造．根まれ．
II	12	A11	0～ 2	暗褐 10YR3/4	にぶい黄褐 10YR4/3	-	-	団粒構造．根極めて多し．
	13	A12	2～ 30	褐 10YR4/4	褐 10YR4/4	埴壌土	17-27	塊状弱度．根多し．
	14	B1	40～ 80	褐 10YR4/6	黄褐 10YR5/6	埴壌土	19-21	塊状弱度．根有り．
	15	B2	80～100	褐 10YR4/6	黄褐 10YR5/6	軽埴土	20-25	塊状弱度．根まれ．
III	16	A	0～ 5	暗褐 10YR3/4	褐 10YR4/4	軽埴土	7	団粒構造．根極めて多し．
	17	B	5～ 30	褐 10YR4/6	褐 10YR4/6	軽埴土	25-28	壁状構造．根有り．
	18	II A	30～ 80	褐 10YR4/4	にぶい黄褐 10YR5/4	シルト質埴壌土	12-15	塊状構造．根有り．
	19	II B	80以深	褐 10YR4/6	黄褐 10YR5/8	-	26-28	壁状構造．根まれ．

表 3. 生態園の土壌の物理的特性

地点	試料No.	三相分布(%) 気相	液相	固相	土壌水分量 (ml/100ml) pF0	pF1.8	pF3.0	粗間隙 (ml/100ml)	有効水分 (ml/100ml)	飽和透水係数 (cm/sec)	粒径組成*(%) 粗砂	細砂	シルト	粘土
I	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	57.6	24.4	18.0	73.3	53.4	31.6	19.9	21.8	6.2×10^{-3}	15	28	11	46
	9	40.0	34.2	25.8	72.3	59.9	43.4	12.4	16.5	1.5×10^{-3}	28	29	18	25
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	29.0	21.5	49.5	48.7	35.6	24.8	13.1	10.8	1.2×10^{-3}	62	16	4	18
II	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	13	35.8	33.8	30.4	68.4	62.5	43.6	5.9	18.9	2.5×10^{-3}	12	39	27	22
	14	43.4	40.4	16.2	77.5	60.2	44.1	17.3	16.1	2.5×10^{-3}	3	41	35	21
	15	24.6	56.2	19.2	79.3	64.7	58.4	14.6	6.3	1.9×10^{-2}	5	22	28	45
III	16	52.5	25.5	25.5	72.9	54.7	34.5	18.2	20.2	1.7×10^{-2}	10	21	34	35
	17	28.2	35.0	35.0	66.2	56.0	44.9	10.2	11.1	8.4×10^{-4}	15	27	28	30
	18	49.0	28.6	28.6	74.2	55.6	32.8	18.6	22.8	3.3×10^{-4}	15	21	49	15
	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*粗粒 2-0.42mm，細砂 0.42-0.005mm，粘土 0.005mm以下．

表 4. 生態園の土壌の化学的特性

地点	試料No.	pH H_2O	pH KCl	塩基交換容量 (me/100g)	交換制塩基 (me/100g) K	交換制塩基 (me/100g) Ca	可給態鉄 (mg/100g)	腐植 (%)	有機炭素 (%)	アンモニア態窒素 (mg/100g)	硝酸態窒素 (mg/100g)	有効燐酸 (mg/100g)	燐酸吸収係数	可溶性アルミニウム (mg/100g)	可溶性珪酸 (mg/100g)	電気伝導度 (m/cm)	硫化物 (mg/100g)
I	7	6.2	-	-	-	-	-	11.6	6.7	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	4.8	4.5	13.6	1.19	1.73	1.09	3.8	2.2	1.1	0.1>	5.3	3289	513.1	50.3	0.07	0.7
	9	5.5	5.1	15.8	1.67	4.24	0.83	1.4	0.8	0.8	0.1>	1.4	3865	454.6	56.1	0.06	0.7
	10	5.7	-	-	-	-	-	0.1>	0.1>	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	5.4	4.2	7.7	0.29	2.26	0.21	0.1>	0.1>	2.3	0.6	6.6	1187	23.2	19.6	0.03	0.7
II	12	6.7	-	-	-	-	-	18.1	10.5	-	-	-	-	-	-	-	-
	13	5.6	4.7	19.5	2.77	5.70	0.60	6.1	3.5	0.8	0.1	10.4	3068	685.1	39.7	0.04	0.7
	14	5.9	5.7	18.6	3.60	3.65	1.08	1.9	1.1	0.3	0.4	3.7	4319	719.4	59.3	0.06	0.6
	15	6.2	5.9	27.6	2.69	4.59	2.68	1.2	0.7	0.8	0.7	6.3	3941	365.9	49.1	0.11	0.7
III	16	6.2	5.3	24.4	3.17	27.42	0.32	11.6	6.7	0.5	0.5	7.5	3297	240.2	41.1	0.08	1.4
	17	5.9	5.2	20.0	0.16	6.56	0.61	4.3	2.5	7.5	0.5	8.3	3570	404.1	49.0	0.04	0.7
	18	6.2	5.5	15.0	0.12	6.47	0.99	2.2	1.3	0.6	1.2	2.3	3470	415.9	51.9	0.05	0.7
	19	6.4	-	-	-	-	-	1.2	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-

1975)．生態園付近の土壌は，今回の造成工事までは過度な改変は受けておらず，表土層の保存も比較的良かったといえる．

(2) 物理的・化学的性質

全体的に生態園のA層上部は暗褐色，その下部は褐色を呈し，B層はやや淡い褐色となる．粒土組成をみると，生態園の黒ボク土壌の土性は全体的に粘質であるが，地点IのC層は粒砂率が 62% で砂分が多い．土壌の固体，液体，気体の三相分布では，地点IのC層をのぞき比較的バランスはよい．飽和透水係数をみると全体的に透水係数が高く，不透水層となるような層位はなかった（表 3）．土壌の pH 値は H_2O 測定で 4.8～6.5 の範囲の弱酸性であり，地点IのA層が最も低かった．塩基交換容量は地点IのC層は砂分が多いためやや低い値を示しているが，その他は 20 me/100 g 前後の値を示している．交換性塩基については交換性カリウムがほぼ標準的であるものの，交換性カルシウムは全体的にやや低い．可給態鉄値は 0.21～1.09 であり，植栽基盤の土壌としてはおおむね良好な範囲であった．腐植，有機炭素については，腐植含量はA層の最表層部で 10% 程度，A層の下部で 5% 程度，B層で 1% 程度の値を示し，有機炭素量は全体

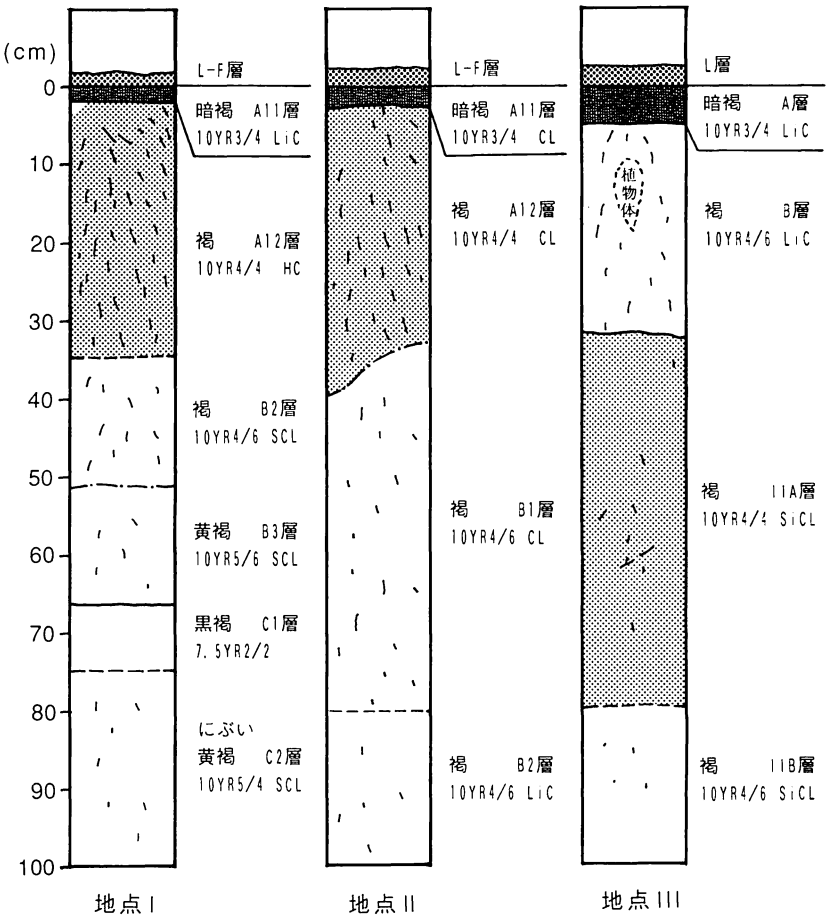

図 6.　生態園整備工事前の土壌柱状図．調査地点の番号は図 5 と同じ．

に下層になるほど減少している．アンモニア態窒素，硝酸態窒素についての分析値は，植栽基盤の土壌とするには全体的に窒素分の含量が少なかった．また，有効燐酸の分析値については，全体的に A 層土は良好であるが，B 層はやや少ない．ほぼ全域で燐酸吸収係数は 2000 以上という高い値を示しているが，これは母材が火山灰であるためであろう．地点 I の C 層の値が低いのは，砂質土壌のためであろう．可溶性アルミニウムもほぼ全域で，A 層および B 層が高い値を示しているが，これらの土は土壌酸度が pH 5 以上なため，ほとんど不活性な状態と考えられる．電気伝導度は全体的に低く，硫化物の含量も少なかった（表 4）．

黒ボク土壌に一般的な特徴であるカルシウム含量と窒素分が少なく燐酸吸収係数が高いといった若干の問題点があるものの，生態園の土壌は植栽基盤としては良好であった．

2)　整備工事による土壌環境の改変

ブルトーザーで地表面の凹凸を地ならす表面処理が行われた地域は，地表から深さ 20 cm 以内が攪乱された（図 3）．その他の工事区域については，地形改変のための切土，盛土が行われた（図 3）．盛土は原則的に園内の切土により発生した土でまかなった．しかし，一部では，目標植生を定着・維持させるための植栽地盤の改良を意図した客土も行った．これは，以前この地が主に牧草地であったため，表土に多くの外来種の埋土種子の含有が予想されたこと．また，比較的貧栄養な土壌条件に成立する目標植生にとっては過栄養な条件と予想されたためである．図 7 には，この理由によって客土を行った地域を示した．主に客土は，砂質土（山砂），ローム土（赤土），黒土（畑土），粘質土（荒木田土）の 4 種類である．各地域の植栽基盤の整備状況は以下のとおりである．

a: 海岸植生地の植栽基盤として整備された．排水の為の有孔管敷設後に，3 層から成る厚さ 80 cm の植栽地盤をつくった．造成面から高さ 20 cm までの範囲に径 4 cm 程度の石を敷き，その上に，この石と細砂を 3 対 7 で混合した層を 30 cm 敷いた．さらにその上の最上層には茨城県産のゴルフ場のバンカー用の

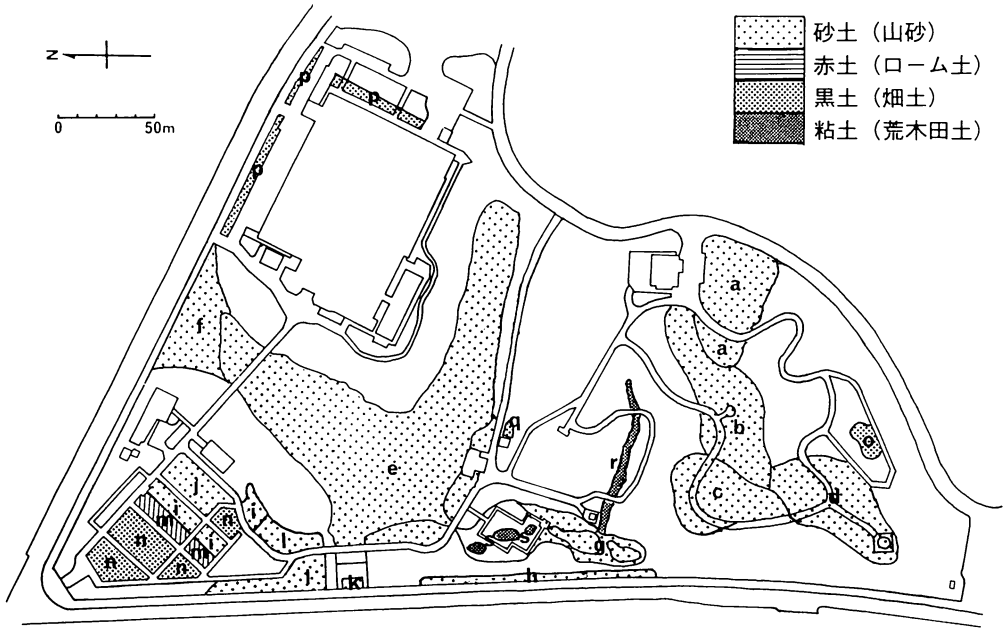

図7. 生態園整備工事による客土の状況．工事記録等を基に作成した．詳しくは本文参照．

粗粒の砂（径 0.25～2 mm）を 30 cm の厚さで敷きならした．

b: 主にススキ草地の植栽基盤として，造成面の表層に山砂を混入した．造成面に約 5 cm の厚さで県内産の山砂を敷き，これと造成面から深さ 15 cm までの既存の土壌（ローム土）を混ぜ合わせた．

c: アカマツ林の植栽基盤として，造成面の表層に山砂を混入した．まず，造成面に 30 cm の厚さで県内産の山砂を敷き，これと造成面から深さ 15 cm までの既存の土壌（ローム土）を混ぜ合わせた．

d: モミ林の植栽基盤として，造成面の表層に山砂を混入した．造成面に 20 cm の厚さで県内産の山砂を敷き，これと造成面から深さ 20 cm までの既存の土壌（ローム土）を混ぜ合わせた．

e: 舟田池の底に堆積していた厚さ約 80 cm のヘドロを除去し，その後に同じ厚さの県内産の山砂を敷きもどした．

f: 高さ約 8 m のコンクリート擁壁面を県内産の山砂で埋めた．

g: 湿原の基盤として整備された．造成面に約 30 cm の厚さで県内産の山砂を敷きならした．

h: 木柵地盤を，県内産の山砂を約 50 cm の厚さで敷くことにより補強した．

i: 主に遷移実験地の一部として整備された．生態園に隣接する芸術文化ホールの造成の際に，地下約 10 m の所から掘り出された砂質土（成田層）を，造成面上に約 45 cm の厚さで敷きならした．

j: コンクリート水槽の周りに厚さ約 20 cm で山砂を盛土した．

k: コンクリート擁壁面を高さ約 2 m にわたって県内産の山砂で埋めた．

l: 造成面の表層に山砂を混入した．造成面に 20 cm の厚さで県内産の山砂を敷き，これと造成面から深さ 30 cm までの既存の土壌（ローム土）を混ぜ合わせた．

m: 遷移実験地の一部として整備された．八街町産の関東ローム土を造成面上に約 45 cm 厚さで敷きならした．

n: 植物分類園と遷移実験地の一部として整備された．八街町産の畑土を造成面上に約 45 cm 厚さで敷きならした．

o: 鴨川市の照葉樹林をそこの土壌を含め，できるだけ現地の状況を保ちつつこの地に移動させた（中村ほか，1994）．移動させた土壌の厚さは約 40 cm である．

p: 博物館本館の外周植栽用に 30～40 cm の厚さで県内産の畑土を敷いた．

q: ストック用として畑土の残土を 1～2 m の厚さで盛土した．

r: せせらぎの底として整備された．荒木田土と砂利を混ぜ合わせて約 25 cm の厚さに敷きならした．

s: 湿原の防水のために，3 箇所に埼玉県深谷市産の荒木田土を厚さ約 20 cm に敷きならした．

また，これ以外に植栽木や移植木の根鉢といっしょに外部の土壌も持ち込まれている．このような樹木等の植栽は，原則的に県内産の苗に限って実施したが，

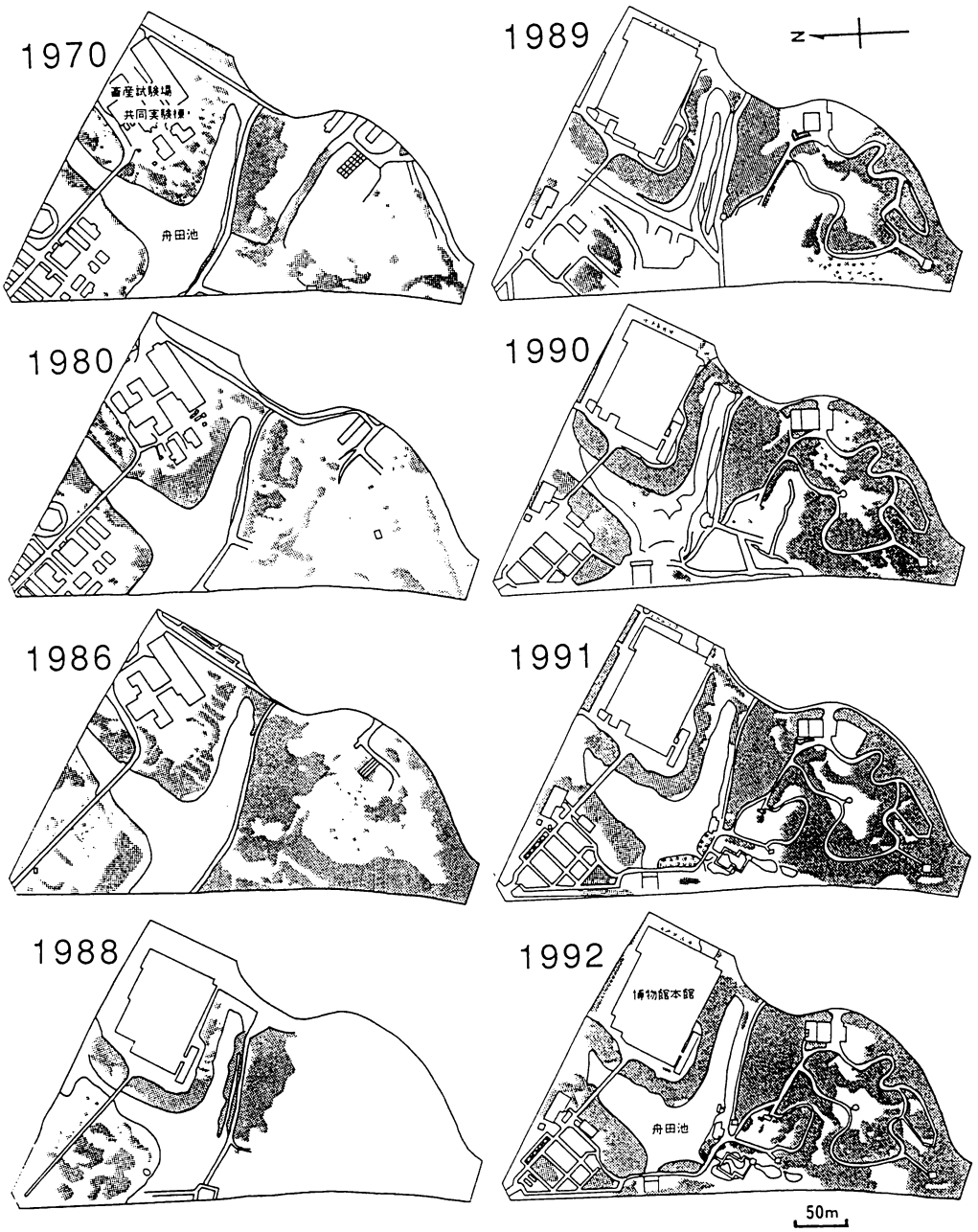

図 8. 生態園の整備工事の進展に伴う樹林地の変化．主に，毎年ほぼ同じ高度から 1 月から 2 月にかけて撮影した航空写真を基に解析した．黒い部分が樹林地を示す．

実際には県外産の苗も植栽されており，そのためかなり県外の土壌も運び込まれてしまったと考えられる．

3. 植被の変化

図 8 には，生態園の整備工事の進展にともなう樹林地の変化が示してある．また，図 9 には，草地も含めた植被の変化が示してある．この地域が畜産試験場であった頃，すなわち 1970 年と 1980 年の樹林地の状況に大きな変化は見られない（図 8）．しかし，生態園の整備工事が開始される直前の 1986 年には，この地域の広い範囲が樹林に覆われていた（図 8）．また，冬でも地表が見える地域がほとんどなく草本類が地表をおおっていた状況であった（図 9）．これは，畜産試験場が移転後，それまで行われてきた植生の管理や放牧

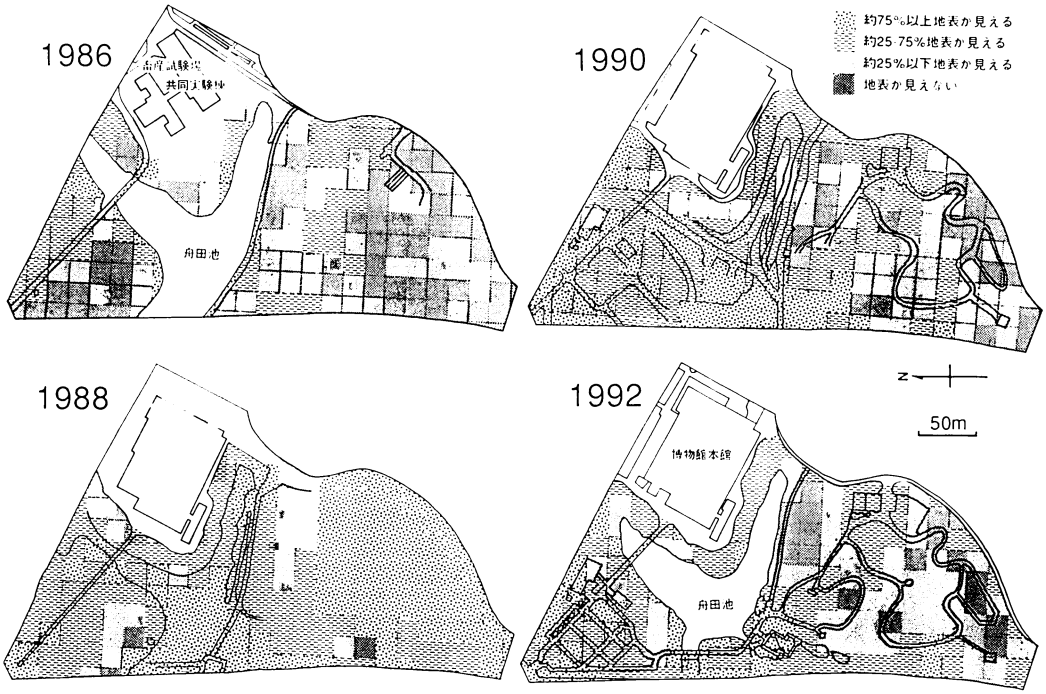

図 9. 生態園の整備工事の進展に伴う植被の変化．毎年ほぼ同じ高度から 1 月から 2 月にかけて撮影した航空写真を約 1/2600 に引き延ばした後，舟田橋などの全ての写真に共通して写っている建築物を手がかりに，博物館本館周辺を除く地域に，南北東西の方位に沿った 20 m 間隔の正方形のメッシュを作図し，各メッシュ内の植被状況を判読した．これらの写真は冬期に撮影されたものなので，地表が見える程度を基準にした．

牛による植物の採食がなくなった為であろう．千葉県都市計画課 (1982) によると，生態園整備工事前のこの地域及び周辺の植生は次のとおりである．牧草地であった台地上にはウシノケグサ優占群落とイヌムギ優占群落がみられ，それ以外の台地にはススキ・アズマネザサ優占群落が多く，斜面上はイヌシデ優占林，コナラ優占林，クヌギ優占林，ニセアカシア優占林などが分布していた．また，低湿地にはヨシ優占群落，クサヨシ優占群落，ガマ優占群落などがみられた．また，この地域の樹木については，千葉県千葉都市計画事務所・(財)千葉県地域整備協会 (1985a, 1985b, 1985c, 1985d) によって詳細な報告がなされている．

1988 年は生態園の土地造成工事がほぼ全域で行われていた時期であり，そのために従来あった樹林の多くは減少している (図 8)．この時点で残っている樹林は舟田池周辺のイヌシデやクヌギの優占する落葉広葉樹林で，この林分も池の南側の地域については造成工事の前に一度下刈りが行われた．また，この時期には，舟田池も前年から浚渫工事のために水が抜かれており，舟田池の周辺を除いて生態園の大部分が裸地化してしまっている (図 9)．1989 年から 1991 年にかけては樹木が次々に植栽され，樹林地が急増した．一方，草本類も侵入・繁殖して急激に裸地や半裸地の地域が減少している (図 9)．1992 年には，一度植栽された樹木の枯死により樹林地でなくなった地域もある (図 8)．

総合考察

最近，生態園のように都市環境下に自然を再現しようとする試みが日本各地で実践されてきており，今後，都市公園などでも生態園のように自然の保護・保全だけではなく自然の再生・復元も加えた施設づくりが活発化することが予測される．しかし，日本における生態園のような施設づくりの歴史はきわめて浅く，その考え方や手法が確立しているとはいえない．このような施設づくりを計画する場合，まず，前提として再現させるべき自然は具体的にどのようなものかという問題がある．武内 (1991) は，この問題に対して，その土地の自然のポテンシャルを十分理解した，トータルなランドスケープの再生でなければならないことを指摘している．生態園整備においても，その前提として既存の自然環境を保全するという立場をとってきたが，千葉県内の代表的な植物群落の野外展示場としての側面をもっている為に，無理な植栽や，そのための土壌の改変が実施された．しかし，この地域とその周囲の自然の潜在力を生かすために，整備工事終了後は人為による除草などの攪乱を極力抑えて，周囲からの動植物の自然な侵入・定着にまかせた．その結果，い

わゆる雑草が繁茂して，一見見苦しい場所にはなったが，従来の都市公園では生息することがほとんど期待できなかったタヌキ，ノウサギなどの哺乳動物も姿を消していないし（今関ほか，1994），一部の昆虫類やその他の無脊椎動物の個体群の回復も確認されている（長谷川ほか，1994）．しかし，その一方で整備工事の過程で失われて，現時点では侵入・回復も確認されていない動物群（例えば，カタツムリ類：黒住，1994）もいる．

生態園のような施設をつくる場合，どのような基盤整備をするかという問題がある．既存の自然環境をそっくりそのまま保全できるのが最良と考えられるが，都市公園の場合には，利用者のための施設整備工事はさけられない．その場合，自然に与えるインパクトが最も大きいのは土地造成であろう．一般に住宅用地，工業用地，農用地，レクレーション用地などの土地造成開発に伴う地形改変は，造成地内部及び周辺部の土壌層の撹乱や既存の水系網の破壊，樹木の成長の阻害，現在植生の破壊等の影響を及ぼす（武内・松井，1990；武内，1991）．輿水ほか(1990)は，造成深度が大きくなるほど植栽されたコナラの樹木活力度が低下していることを明かにしている．また，勝野（1978, 1979）は多摩丘陵において大規模土地改変後の植生を調査し，切土地や盛土地などによって改変された地形や土壌条件とそこに成立した植生との関係を明かにしている．動物の生息に与える影響を定量的に評価した研究は見あたらないが，大規模な土地造成が多大な負の影響を与えていることに疑いの余地はない．

施設整備工事を行なう場合，そのための土地造成が生物群集にどの程度の影響を及ぼすかを事前に予測しつつ，その負の影響をできるかぎり小さく抑えていかなければならない．生態園の地形・土壌改変が生物群集に及ぼす影響については，まだ調査結果がまとまっているわけではないが，現在進行中の動植物の生息生育状況のモニター結果とここに提示した情報とが組み合されることによって，土地造成の規模とそれが生物相に与える影響との相互関係が定量的に解明されていくものと考える．

謝　辞

本報告書を作成するにあたり，千葉県千葉都市計画事務所および住宅都市整備公団千葉・市原開発事務所千葉寺地区開発課の方々，そして千葉県立中央博物館の白井豊氏からは空中写真や工事関係の資料を提供して頂いた．また，本報の図表の作成にあたっては山田リツ子氏及び横地留奈子氏，吉野朝哉氏に御協力頂き，千葉県立中央博物館の吉村光敏氏，由良　浩博士，長谷川雅美博士には原稿の査読をお願いするとともに貴重な御意見を頂いた．これらの方々に厚く感謝致します．

引用文献

安西徹郎・渡辺春朗．1988．野外観察地の土壌調査．沼田　眞（編）昭和62年度千葉県立中央博物館（仮称）設置に係わる自然誌資料の所在調査及び収集事業報告書．pp. 32–36．千葉県教育委員会．

千葉県都市計画課．1982．井手久登（編）千葉中央総合公園植生調査報告書，93 pp．千葉．

千葉県千葉都市計画事務所・(財)千葉県地域整備協会．1985a．青葉の森公園毎木調査報告書，46 pp．千葉．

千葉県千葉都市計画事務所・(財)千葉県地域整備協会．1985b．青葉の森公園現状移植指針，64 pp．千葉．

千葉県千葉都市計画事務所・(財)千葉県地域整備協会．1985c．青葉の森公園毎木調査台帳，295 pp．千葉．

千葉県千葉都市計画事務所・(財)千葉県地域整備協会．1985d．青葉の森公園毎木調査解析報告書，148 pp．千葉．

畜産試験場創立70年記念事業協賛会．1986．畜産試験場70年史，539 pp．畜産試験場創立70年記念事業協賛会，茨城県茎崎町．

長谷川雅美・山口　剛・高山一明．1994．生態園における動物相の変遷：植生の変化にともなう棲息場所の消長と大型捕食者の影響．中村俊彦・長谷川雅美（編）千葉県立中央博物館自然誌研究報告特別号1：189–204．

今関真由美・山口　剛・落合啓二．1994．生態園及び周辺地域における哺乳類の生息状況．中村俊彦・長谷川雅美（編）千葉県立中央博物館自然誌研究報告特別号1: 202–214．

岩井宏寿．1988．野外観察予定地の土壌断面調査．沼田　眞（編）昭和62年度千葉県立中央博物館（仮称）設置に係わる自然誌資料の所在調査及び収集事業報告書．pp. 36–40．千葉県教育委員会．

勝野武彦．1978．住宅団地の植生管理に関する基礎的研究(I)．応用植物社会学研究 7: 20–36．

勝野武彦．1979．住宅団地の植生管理に関する基礎的研究(II)．応用植物社会学研究 8: 44–54．

気象庁．1991．日本気象表その1：月別年平均・極値，478 pp．(財)日本気象協会，東京．

輿水　肇・武内和彦・位寄和久・安立　植．1990．樹木活力度を用いた開発インパクトの総合評価．松井　健・武内和彦・田村俊和（編），丘陵地の自然環境．pp. 164–172．古今書院，東京．

黒住耐二．1994．導入植生への陸産貝類の分散について．中村俊彦・長谷川雅美（編）千葉県立中央博物館自然誌研究報告特別号1: 235–244．

松井　健．1975．千葉県の土壌．千葉県生物学会（編）新版千葉県植物誌，pp. 20–23．井上書店，東京．

中村俊彦．1993．都市の中のビオトープ千葉県立中央博物館生態園：構想，設計，整備のあゆみ．ビオトープ：復元と創造，pp. 114–123．信山社サイテック，東京．

中村俊彦．1994．生態園の整備経過と管理運営．中村俊彦・長谷川雅美（編）千葉県立中央博物館自然誌研究報告特別号1: 7–17．

沼田　眞．1975．千葉県の植生の概説．千葉県生物学会（編），新版千葉県植物誌．pp. 27–31．井上書店，東京．

武内和彦．1991．地域の生態学．255 pp．朝倉書店，東京．

武内和彦・松井　健．1990．多摩丘陵における自然環境要素の相互関係．松井　健・武内和彦・田村俊和（編），丘陵地の自然環境，丘陵地の自然環境．pp. 155–164．古今書院，東京．

武内和彦・吉岡慎一．1982．東京大都市地域の宅地開発

に伴う地形改変．総合都市研究．No. 15: 49–58.
田村俊和・山本　博・吉岡慎一．1983．大規模地形改変の全国的把握．地理学評論 56: 223–242.

Changes in Topography, Soil Structure and Vegetation Cover Associated with Restoration Works at Ecology Park

Takeshi Yamaguchi and Toshihiko Nakamura

Natural History Museum and Institute, Chiba
955–2 Aoba-cho, Chuo-ku, Chiba 260, Japan

The Ecology Park, Natural History Museum and Institute, Chiba aims not only to restore several types of plant communities which are typical of the Boso Peninsula, but also to do basic research on issues of conservation and restoration of local biotic environments. Various construction works involving changes in topography and improvement of soil structure have been carried out in restoration of the plant communities and building of facilities. Changes in topography, soil structure and vegetation cover associated with this construction work have been monitored year to year using maps and airial photographs. Although we do not have any conclusive data at present, this study will contribute to our understanding of long-term effects of construction work on biotic communities of the Ecology Park.