

私が1991年から2003年まで帯広畜産大学で行っていた「土地利用学」という講義の講義録です。内容的には古くなった部分が多いと思いますが、考え方として参考となる部分もあるかと思い記録に残すことにしました。 筒木 潔

土地利用学 序章

私たちのこの土地は、祖先から相続したものであると同時に、子孫から借りているものである。(だから、傷つけないで子孫に受け渡さなくてはならない。)

アメリカインディアン ホピ族の口伝

大規模農業開発とその失敗

スマトラ島東海岸のマングローブ伐採、大クリーク建設、水田開発とその失敗

スマトラ島丘陵地におけるコーヒープランテーション

インドネシアにおける大規模な移民政策（1970年代以降）

土壌侵食と森林火災

タイ国 コンケン 塩類上昇による土壌荒廃

森林伐採と水田造成

緑の革命の影響

稲作における緑の革命 化学肥料と灌漑への依存が前提

アラブ海沿岸の土壌荒廃

大規模農地造成 小麦栽培 綿花栽培 （フルシチョフ時代1960年代に開始）

農業の歴史

古代農業の知恵

焼畑農業の持続性

(近年における大規模農地造成のための森林伐採とは別物)

江戸時代の循環型農業

十勝の農業と土壌の特徴は？

十勝の農業は永続できるか？

畜産の土壌負荷。畜産廃棄物の行方。

人間にはどれだけの土地が必要か？

日本の低自給率

影の日本列島

農業は土と土地から脱却できるか？

土と土地は農業生産にとって足かせになっている？

災害と土地利用

自然立地に適合した土地利用

環境影響評価

法制化の遅れた日本の環境影響評価制度

その現状は？

都市生活における土地利用

健康な都市生活と土のかかわり

大きくて小さな資源 「土」

「農業は人間の原罪である」 コリン・タッジ著・竹内久美子訳 新潮社 2002

農業は人間に食料を供給し、人間の生活環境の保全に貢献している。その一方で農業は人間による環境破壊の元凶ともみなすことができる。

それでも私たちは農業を守り、土壌を保全しなくては生きていけない。

あなたはこのことについてどう考えますか？

土地利用学2 世界の農耕地

地球全体の陸地面積は $150 \times 10^6 \text{ km}^2$

居住可能地域の面積は $107 \times 10^6 \text{ km}^2$

農耕地の面積は $14.7 \times 10^6 \text{ km}^2$

農耕地のうち水田は約 9.5%、畑地は 90.5%を占める。

水田の高い生産性については後で述べる。

農耕地面積を地球の人口 6.25×10^9 で割ると

一人当りの農耕地面積は $2.35 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ となる。これは 0.235 ha に相当する。

主要土壌群の分布面積

世界の土壌は植生と同様に、気候と対応して帯状に分布している。

このことを成帯性土壌という。

世界の成帯性土壌の中で最も大面積を占めるのは、鉄アルミナ質土壌、鉄質土壌、ラテライトからなるグループであり、全体の 19%を占めている。これらは、熱帯の主要な土壌である。これらの土壌は生産性に富んでいるが、人為により破壊されやすい土壌である。

2番目に多いのは砂漠土であり、17%を占める。

また、気候の影響も受けるが、その地点の特殊な土壌生成因子を強く受けて生成する土壌もある。

成帯内性土壌（間帯性土壌） 黒ボク土 沖積土 泥炭土など

また、岩屑土などの未発達な土壌は気候の影響を受けていないので非成帯性土壌に分類される。

土壌群ごとの総面積および潜在的可耕地の面積

潜在的可耕地とは地形などの条件から、農耕地へと変換することが可能な土地のことで、実際に農耕地になっている面積ではない。潜在的可耕地面積を地球上の全人口で割ると、1人当たり約 0.51ヘクタールとなる。

潜在的可耕地を全て耕地化したら、自然環境の保全上問題が起こる。それはともあれ、潜在可耕地の面積がその土壌の全面積の50%を越える肥沃な土壌としては、チェルノーゼム、ヴァーティソルとテラロッサ、沖積土などが挙げられる。

非石灰質褐色土、鉄アルミナ質土壌と鉄質土壌、褐色森林土とレンジナ、アンドソルなども肥沃な土壌である。

世界の農林地面積の推移

1975年から1990年にかけて世界中で 4.3×10^7 ha (4.3×10^5 km²)の農耕地 0.7×10^7 ha (0.7×10^5 km²)の永久農地、 9.2×10^7 ha (9.2×10^5 km²)の永久農地が増加した。その反面 14.0×10^7 ha (14.0×10^5 km²)の森林が減少した。

降雨による気候区分

世界の陸地の55%が乾燥地に属する。降水量500mm以下の半乾燥地も含めれば75%が乾燥地であり、農耕には適さない。

植物の一次生産量および現存量

地球上の植物の現存量は 1840×10^9 トンにおよび99.8%が陸地上に分布している。陸地1 km²あたりの植物現存量は 12.2×10^3 トン、1ヘクタール当りでは122トンとなる。

植物の現存量の56%は熱帯林に分布しており、温帯林は21%、寒帯林は24.4%に過ぎない。植物の生産効率(10⁹トン/年)は熱帯林が45、温帯林が15、寒帯林が9.6であり、熱帯林の生産効率の高いことがわかる。

農耕地の作物は現存量が 16×10^9 トンに過ぎず、農耕地1 km²あたりの作物現存量は 1.14×10^3 トン、1ヘクタール当りでは11.4トンに過ぎない。生産効率も 9.1×10^9 トンと寒帯林よりも低い。

日本の農耕地面積は1960年以降徐々に減少し、2001年現在では479万ヘクタールとなっている。農家1戸当りでは1.6 haである。(アメリカ37709万ヘクタール/197ha、EU全体12869万ヘクタール/18.4 ha)

農業における土地は、作物生育の場であることに加え、農地が所在する地域の気候、土壌の性質(地力)、水質などの要素が生産力を左右するものであり、農業生産にとって最も基本的かつ重要な非代替資源である。

国民1人が生きていくためにどれだけの農耕地面積が必要か考えてみよう。

例えばあなたは1年間に米、麦、大豆、肉類、牛乳、卵、果物をどれだけ食べていますか？それを生産するためにどれだけの土地面積とどれだけのエネルギーが必要で、日本はその何パーセントを輸入しているだろう？

農林水産省のホームページより

日本の耕地面積と完全自給するために必要な耕地面積はどれくらいか。

日本の耕地面積は約500万 ha あります。完全自給するための耕地面積については、現在日本が輸入している農産物を生産するためにどれくらいの農地が必要か考えれば、小麦で約240万 ha、大豆で約200万 ha、トウモロコシで約220万 ha、畜産物で約250万 ha、その他作物で約290万 ha と全体で約1,200万 ha が必要とされ、完全自給するための耕地面積は約1,700万 ha 必要となります。

土地利用学3 土壌の始まり

「土壌」という言葉の語源

中国 周代 BC1100~BC256 「周礼」

万物が自生するところすなわち「土」といい、人の耕して栽培するところすなわち「壤」という。

「土」すなわち「吐」なり。

「二」は土の層理を表し、「丨」は物が出てくる形を表す。

すなわち、土が植物を生長させる様子を示している。

「土」は自然土壌を示している。

「壤」は柔土なり。塊なきを壤という。

すなわち土が熟して変化変質したものである。

「壤」は耕地土壌を示している。

「土」の始まり

隆起、海進・海退による新しい陸地の生成

河川による土砂の運搬・堆積 沖積平野・扇状地

火山放出物 火山灰、火山礫、溶岩による新しい土壌物質の供給

風成堆積物 レスや黄土

氷河堆積物 氷礫土

干拓

農地造成 (切土・盛土、改良山成工事)

泥炭地植物遺体の堆積 低位・中間・高位泥炭地

「土」の死と生き返り

1. 湿潤冷涼気候型

ポドソル土風化 冷帯・寒帯の針葉樹林帯で起こる。

珪酸の残留集積

塩基、酸化鉄、酸化アルミニウム、有機物の流亡と次表層への蓄積

強度の酸性化

粘土鉱物はモンモリロナイトやハロイサイトを経てカオリナイトになる。

2. 湿潤温暖気候型

ラトソル風化 高温多雨条件下での風化

珪酸および塩基の流亡

酸化鉄・酸化アルミニウムの残留集積

酸性化 ボーキサイト・ラテライトが生成
地下水面上ではシリカの沈澱とカオリナイトの生成

3. 乾燥気候型

沙漠土風化 高温・小雨条件
機械的風化の卓越 塩基および塩類の残留集積
アルカリ化

(4. 氷河気候型

氷雪による岩石の機械的破壊)

土の生から死までの間の適当なある時期しか人間は土を利用しえない。
各地域の文明文化と土壌のタイプの間には関連が認められる。

土の生成をもたらす要因

ドクチャエフ (1846-1903) 近代土壌学の元祖 ロシア

$S = f (C, O, P, R, T, + \text{人間の営力})$

S : Soil

C : Climate 気候

O : Organism 生物

P : Parent material 母材

R : Relief 地形

T : Time 時間

人間の営力 : 農耕、排水、有機物施用等

ジェニーの State factor equation 状態因子式

土壌の属性 (S) は

土壌をとりまく生態系 (L0)、

その生態系に加わるエネルギーと物質の流出入

= 流束ポテンシャル (Px)

系が置かれている時間 (t) の関数で表現できる。

$S = f (L0, Px, t)$

土地利用学 4 土壤環境

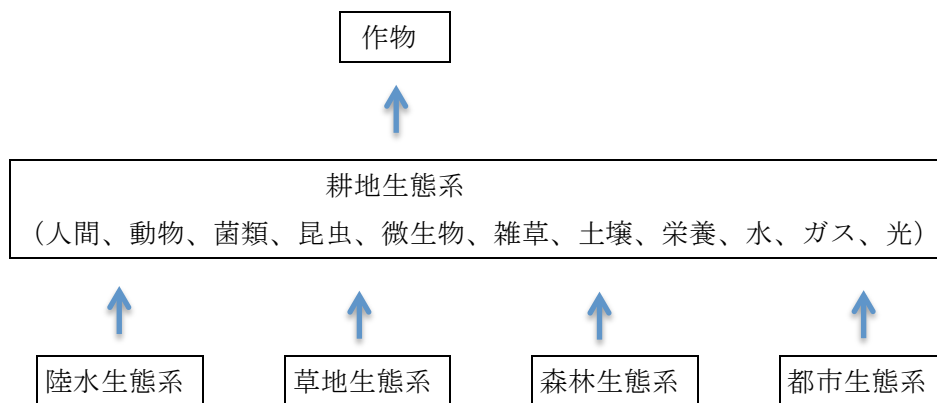
環境のカテゴリーとその相対的重要性

環境質の評価に関するシンポジウム (1971, USA)

カテゴリー	相対的重要性
土壤	30
空気	20
水	20
生活空間	12.5
鉱物	7.5
野生動物	5
森林	5
合計	100

土壤環境の定義

1. 土壤の生成発達を規制する外部の要因すなわち母材、気候、植生、地形、時間等土壤生成因子の総称
2. 生物や人間の生活・生存の場としての土壤
その中心に置くもの 植物（作物）、家畜、人間 によって整理の仕方が違って来る。



土地利用学 5 土壌の機能

農業の基盤

土壌

遺伝的品種

化石燃料 全て再生不可能な資源 (Non-renewable resources)である。

土壌環境の機能

- | | | |
|----------|---|-----------|
| 1. 自然生態系 | 環境保全
植生・野生動物保護
景観 | 環境保護・浄化の場 |
| 2. 農業生態系 | 畑・水田
収草地、放牧地、果樹園
ハウス園芸 | 食糧生産の場 |
| 3. 都市生態系 | 道路、宅地、公園、街路樹地
工業用地、埋め立て地
ゴルフ場等のレジャー用地 | 生活の場 |

土壌・土壌系（ペドシステム）の機能

1. 植物生産機能

その母材である岩石や堆積物とは決定的に異なる点である。

植物の生育や再生産を保障する能力すなわち肥沃度を持っている。

2. 水質汚染物質浄化機能

有機物の分解無機化

土壌有機物の形成

無機陽イオン・陰イオンの吸着

3. 貯水・透水機能 (=洪水防止機能)

土壌孔隙とくに粗孔隙の発達した土壌ほど貯水透水機能が高い。

未熟土・赤色土 < 乾性褐色森林土・弱乾性ポドソル

< 弱乾性褐色森林土・弱乾性黒ボク土 < 褐色森林土・湿性褐色森林土
・黒ボク土

森林伐採・農地潰廃・裸地化

雨滴・踏圧による土壌孔隙の破壊

雨水・風による侵食

地表の舗装や建物の建設等が貯水透水機能の減少をもたらしている。

4. 埋蔵文化財保存機能

土器、石器、住居跡、埋葬跡、貝塚

火山灰層の年代決定

火山灰起源の黒土層（腐植層）には縄文時代、弥生時代、古墳時代の土器遺構が出現する。

文化財保護法

宅地開発、道路建設等で地形改変を伴う事業については、遺物・遺構を埋蔵することがわかった場合、開発主体の経費で都道府県教育委員会による調査を行なうことが義務づけられている。

5. アメニティ機能

amenity 場所・気候等のここちよさ、快適さ

6. 自然教育・教材機能

7. 建造物支持機能

8. 土地施設施工

9. 建設資材

10. 窯業原料

土地利用学 6 土壌の危機

人間による不適切な管理によって、土が本来持っている作物生産機能が失われてしまったり、外部から有害物や汚染物が加わって土の機能が損なわれたり、有害な農産物が生産されたりして、土が作物の生産に適さなくなってしまうこと。

1. 土壌肥沃度の低下 (化学的、物理的、生物的)

土壌侵食 (水食・風食) による肥沃な作土の消耗

有機物の流亡および消耗

多孔質な土壌構造の消失

連作による生物性の悪化 (生物相の単純化と病害虫や病害菌の蔓延)

2. 土壌の酸性化

3. 土壌汚染 (重金属、農薬) 農業生産物に対する不安・不信

4. 土壌からの環境汚染 (肥料、家畜排泄物による大気および地下水汚染)

5. 人間の生活圏の拡大に伴う農業生態系および自然生態系の縮小、破壊

都市や工業用地への開発適地は、他方農業にも最も適した傾斜の緩やかな沖積地であることが多い。

6. 土壌の乾燥化、沙漠化

アジア、アフリカ、オーストラリア、北米、南米、全ての大陸で起こっている。1977年には800万haの農地が沙漠化により失われた(日本の農地面積550万haの1.5倍)。その原因は過剰放牧、過剰耕作、過剰伐採、灌漑の不備等にあり、さらにこれらをもたらしているのは人口圧の増大や、発展途上国で換金作物やプランテーション作物が優先されることによって、一般農民が条件の悪い土地へと追いやられていることにある。

7. 塩類集積、アルカリ土壌化

乾燥地域で灌漑施設が排水施設的能力以上に土壌に水を供給した場合に生じる。すなわち、地表面での土壌水の蒸発によって土壌水の上方移動が起こり、地中で溶解した塩類を地表面まで引き上げる。

また、塩類の集積した土壌地帯を通過して河川に戻った灌漑水が下流域の土壌の塩類化を促進する。水路からの漏水も下層からの塩類の運び上げをもたらす。

8. 土壌侵食、表土流出

アメリカのトウモロコシ、ソルガム、綿花等の生産地では土壌侵食が著しい。その量は $10\sim 20\text{t/acre} = 25\sim 50\text{t/ha}$ におよぶ。この量は10cmの作土の2.5%から5%が毎年失われることを意味している。すなわち、20年ないし40年で10cmの作土が失われる。

土壌侵食は北海道でも身近に見ることができる。4月から5月にかけて、強風により、裸地化した畑から多量の作土が飛ばされている。また、切土や盛土工事を行なった造成農地では、融雪水や多量の降水による侵食が起きやすい。

土地利用学 7 土壌システム

地球システムから見た土壌システムの位置づけ

システムとは、相互作用をしよう要素から構成されたまとまりのある全体のことをいう。

システム一般論

開放系 外界との間に熱と物質の交換があるシステム

孤立系 熱と物質ともに外界との交換がない

閉鎖系 熱は周囲と交換するが物質の交換をしないシステム

動的システム

物質や熱のやりとりの結果、時間とともにシステム、サブシステムは変化をしている。

システムはいくつかの構成要素（サブシステム）からなり、それらの組成、空間分布は時間とともに変化し、この変化は決して元に戻ることはない非可逆的变化である。

= 進化

線形システム

重ね合わせの原理が成立するシステム

非線形システム

重ね合わせの原理が成立しないシステム

熱力学第2法則 (エントロピー増大の法則)

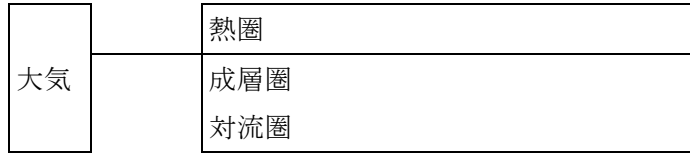
$$\frac{dS}{dt} \geq 0 \quad (\text{閉鎖系}) \quad S : \text{エントロピー}, \quad t : \text{時間}$$

天然における生物や結晶といった秩序だったものの存在の理由は、天然システムが閉鎖系ではなく開放系であり、熱を外界に逃がしているためである。

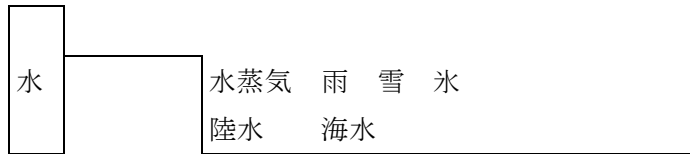
$$\Delta S = \frac{dq}{T} \quad q : \text{系に流入する熱量}, \quad T : \text{絶対温度}$$

地球システム

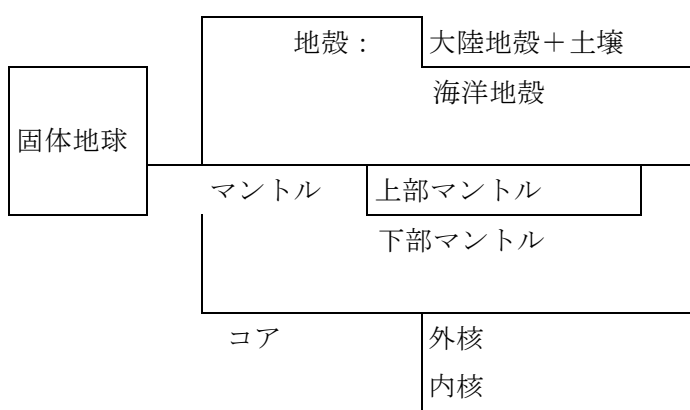
気圏



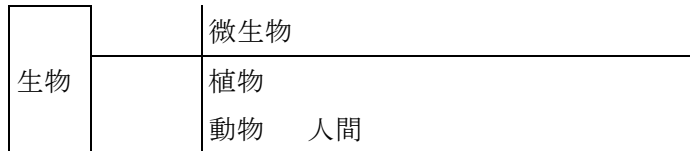
水圏



岩石圏



生命圏

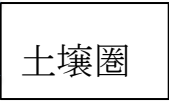


相

互

作

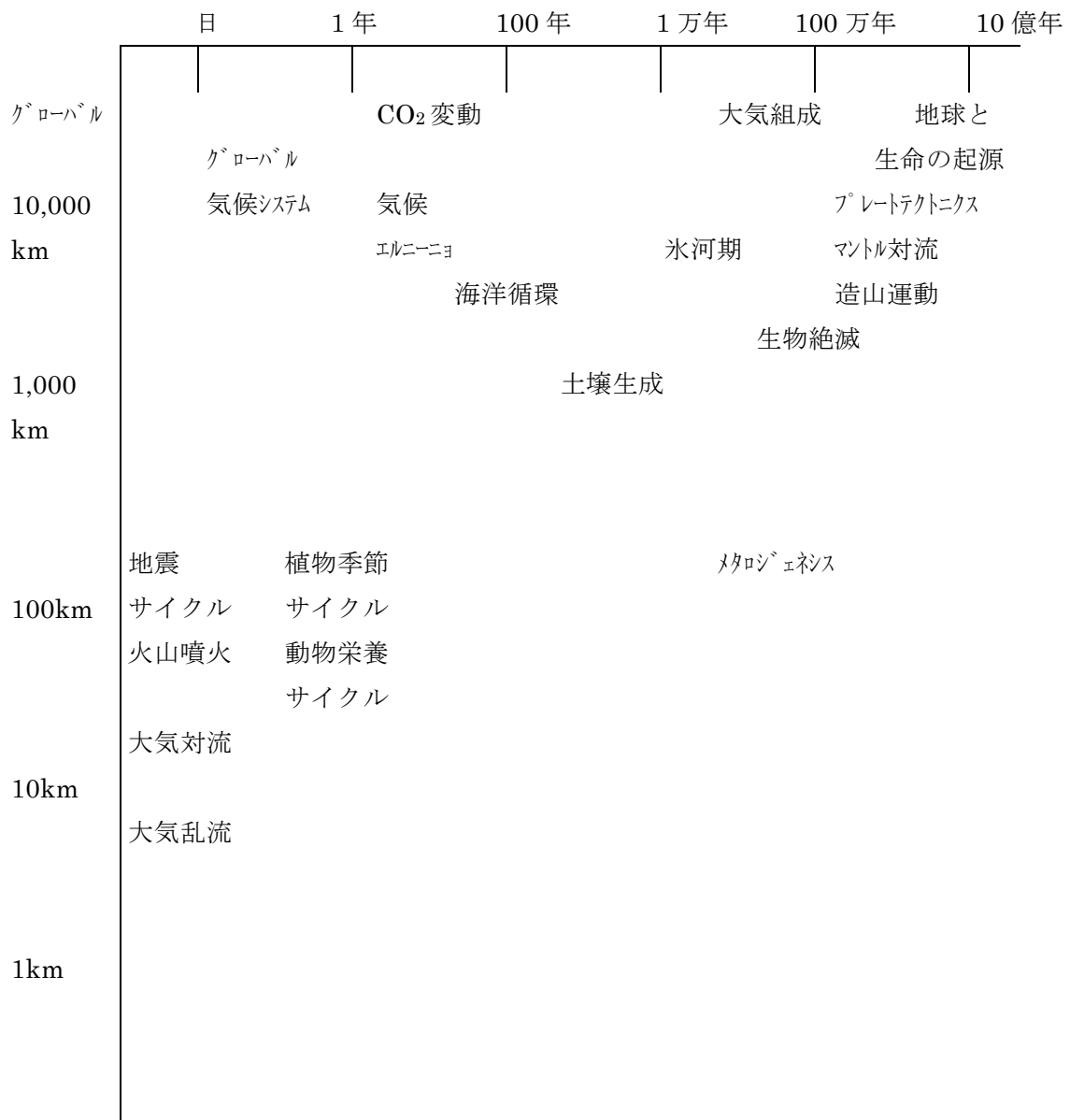
用



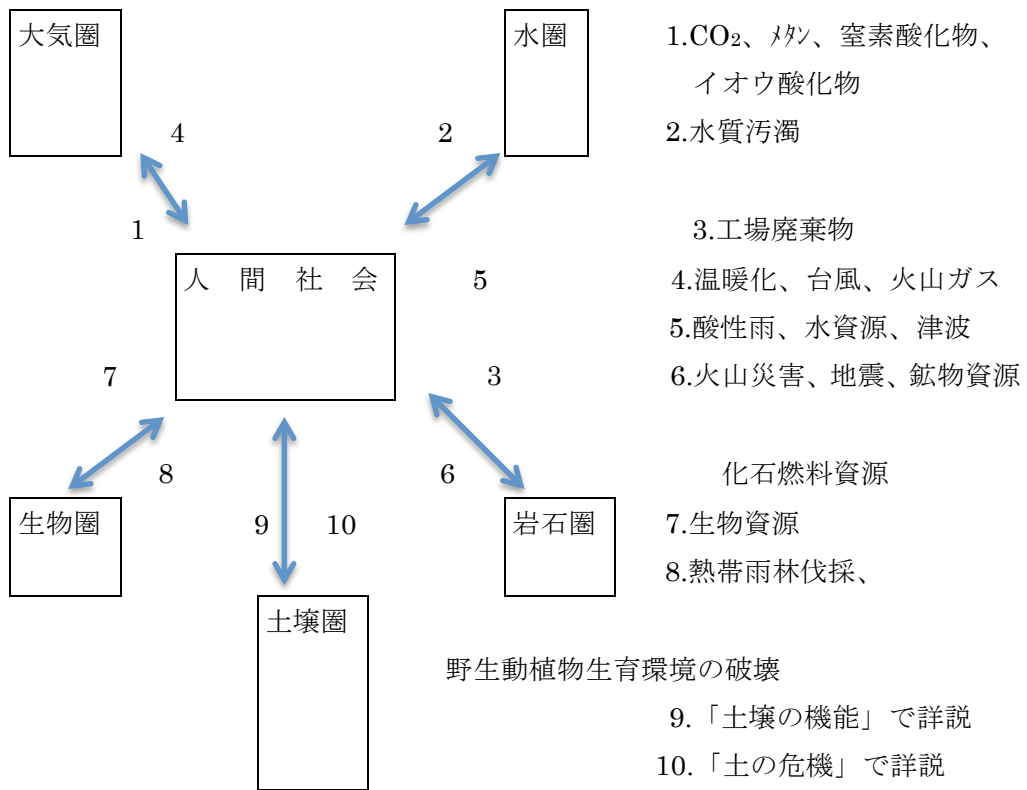
サブシステムの相互作用の例

1. 物質や熱のやりとり
2. 人間による二酸化炭素の排出 → 大気 → 海洋
3. 生命の誕生 → 海洋中の酸素の増加 → 大気中の酸素の増加
4. 海底での鉱床の生成 → 海水による海洋地殻成分の溶解 → 析出

地球システムにおける諸過程の時間スケールと空間スケール



人間社会システムと他のサブシステムの相互関係



土地利用学 8 土壤生態系

生態系概念

生物 ⇔ 非生物的環境
相互作用

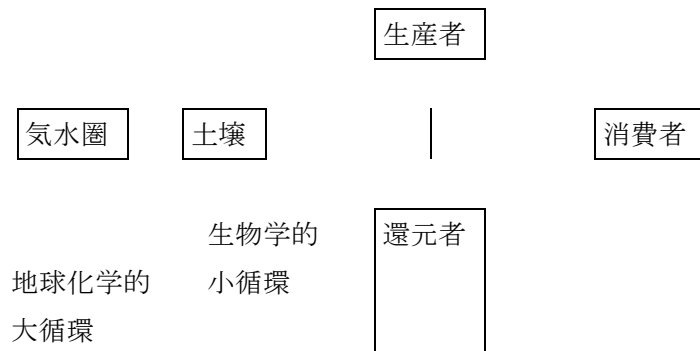
「エネルギーの流れがシステム内にはっきりした栄養段階、生物の多様性、物質の循環を作り出しているようなまとまり」

独立栄養部分 = 生産者 光合成により簡単な無機物から複雑な有機合成を
autotroph producer 行なう。

従属栄養部分 消費者 生きている生物を栄養とする動物
heterotroph consumer 植食動物 → 一次の肉食動物 → 二次の肉食動物
herbivore carnivore

分解者 死んだ生物を栄養とする生物 = 腐生生物
decomposer saprophyte
= 還元者 かび、バクテリア、土壤動物等

陸上生態系における元素の循環



腐生生物、腐生連鎖の重要性

陸上群集では植物の90%以上は動物に食べられずに生きた植物として残り、死んでから腐生生物や土壌動物に利用される。

土壌は腐生連鎖の場

世界の陸地全体における

有機物の総生産	平均 1,100 億 t / 年
植物体の有機物総量 (バイオマス)	18,000 億 t
動物の有機物総量 (バイオマス)	10 億 t
人類の有機物総量 (バイオマス)	0.5 億 t
畜産動物の有機物総量 (バイオマス)	2.6 億 t

農耕地に投入されるエネルギー

機械、肥料、農薬、電力、燃料、灌漑、種子、輸送、人力・畜力
現代農業では農地に投入されるエネルギーの方が
農地から引き出されるエネルギーよりも大きい。

土壌のできた時代

第四紀

完新世（沖積世）約1万年前から現代 人類の時代

更新世（洪積世）約170万年前から約1万年前まで

後期 15万年前から1万年前まで（火山と氷河の時代）

中期 50万年前から15万年前まで（日高山脈の上昇と段丘形成の時代）

前期 170万年前から50万年前まで（海の時代）

我々が目にする土壌はほとんど完新世に形成されたものである。

土の母材と堆積様式

1. 母材

- (1) 非固結火成岩（火山灰、火山砂、泥流など）
- (2) 固結火成岩（集塊岩、安山岩、花崗岩）
- (3) 非固結堆積岩（れき、砂、土石流等）
- (4) 固結堆積岩（れき岩、泥岩等）
- (5) 変成岩

2. 堆積様式

- (1) 残積 変成岩、固結火山岩、第三紀以前の堆積岩を母材として、
その場で風化生成した土壌
- (2) 洪積世堆積 洪積世の堆積物を母材とする土壌。段丘面上の土壌。
- (3) 崩積 沖積世の崩積物を母材とする土壌
- (4) 水積 沖積世に主として水により運ばれて堆積した材料を母材とする土壌
- (5) 風積 ア. 火山性
イ. 非火山性（砂丘、黄砂、レス）
- (6) 氷積 氷河堆積物
- (7) 集積 高位泥炭 中間泥炭 低位泥炭 黒泥
- (8) その他 人為等

土壌群の特徴（土壌保全調査事業、農林水産省）

1. 岩屑土

固結岩石を母材とする残積性土壌。30cm以内にれき層、その下に岩盤。

土壌分化極弱

2. 砂丘未熟土

砂丘地、砂州に風積

未熟で土層分化発達無し。

3. 黒ボク土

火山灰、火山れき等の火山放出物に由来

火山山麓、台地、および沖積地の一部に分布。風積が多い。

多量の腐植を含む表層と褐色・黄褐色の下層土からなる。

中性から塩基性の火山放出物が高温多湿の条件下で急激に風化し、

珪酸、塩基が流亡し、アロフェンが生成し、多量の腐植が集積した。

C/N比が高く、仮比重は小、塩基飽和度低く、リン酸吸収係数は高、

活性のアルミニウムに富む等の特徴がある。

4. 多湿黒ボク土

黒ボク台地上の凹地あるいは黒ボク台地周辺の沖積低地に分布する黒ボク土。

下層に酸化還元の繰り返しによって生成した斑紋が見られる。

5. 黒ボクグライ土

黒ボク台地間の低地等地下水位の高い排水不良地に生成する。

下層に常に還元状態にあるグライ層が見られる。

グライ層では2価鉄の存在が認められる。（ジピリジル反応）

6. 褐色森林土

丘陵地、山麓斜面、台地上の波状地、平坦地等、排水の良好な土地に生成する。

暗褐色の薄い表層の下に角塊状の構造を持った黄褐色の土層が発達する。

母材は各種岩石であり、残積性および洪積堆積性の生成様式である。

母材の風化、土壌化の程度は中庸であり。腐植、粘土、酸化物の下層への移動は見られない。

7. 灰色台地土

平坦ないしゆるやかな波状性の台地上に分布。全層が灰色ないし灰褐色。

下層に鉄、マンガンの斑紋や結核が見られる。

8. グライ台地土

台地、一部の山地・丘陵地等に発達する。

下層に地下水、宙水、湛水田等の影響によるグライ層が見られる。

成因は残積、洪積堆積等で、各種の岩石から生成する。

9. 赤色土

台地および丘陵地の200m以下の地帯で排水良好な部分に発達する。

また、最高位段丘面上に発達する。

腐植に乏しい表土、赤色で塊状の構造を持つ次表層、塩基の溶脱、強酸性等の特徴を示す。

成因は非固結堆積岩を母材とする残積性および洪積世堆積である。

更新世間氷期の高温気候下で生成した古土壌であるとの考え方もある。

10. 黄色土

赤色土と類縁。腐植の少ない表層の下に黄色ないし黄褐色の次表層を持つ。

各種岩石を母材とし、残積あるいは洪積世堆積作用で生成した。

主に中位段丘面で見られる。

11. 暗赤色土

石灰岩または超塩基性岩（はんれい岩、蛇紋岩）を母材とする残積土壌

12. 褐色低地土

沖積低地のうち、自然堤防等の比較的排水良好な所に生成する。

母材は非固結堆積岩であり、水積により生成した。作土下の土色は黄褐色であるが水田では斑紋が認められ、畑では斑紋が認められない。

13. 灰色低地土

ほぼ平坦な沖積地、谷底平野、扇状地に生成する。

全層が灰色ないし灰褐色を呈し、下層には斑紋が見られる。

地下水および灌漑水の影響で灰色化、またはグライ層が地下水の低下により酸化して灰色化したものである。

14. グライ土

河川および海岸沿の沖積平野並びに台地、丘陵地間の低地等排水不良地帯に分布する。地下水位が高いため、湿田・半湿田として利用される。

グライ層（還元された鉄のため青灰色ないし緑灰色を呈する）が存在する。

グライ層が作土直下にある場合を強グライ土、グライ層が深い位地に出現する場合をグライ土としている。

15. 黒泥土

厚い黒泥層を持つ土壌で同時に泥炭層やグライ層を持つ場合が多い。

自然堤防・砂丘などの後背湿地、山麓・山間の低地等の排水不良地に分布する。

黒泥とは、泥炭の分解がさらに進んで、植物組織が肉眼で認められない程度になり、これに無機質材料が混入したものである。再堆積した黒ボク土の流入が見られることもある。

16. 泥炭土

自然堤防・砂丘などの後背湿地、山麓・山間の低地等の排水不良の凹地に発達する。

泥炭は過湿地に繁茂した植物の遺体が水面下に沈積し、不完全な分解を経て堆積したものであり、肉眼で植物組織を確認できる。

17. 造成土壌

農地造成、圃場整備、深耕、天地返し等が施工された農耕地土壌で、表層だけでなく、下層土も移動攪乱により改変された土壌。

1. 自給型農業 (Subsistence Agriculture)とは：

個人的な消費や地方的市場における売買や物々交換のための作物生産をいう。

数千年に及ぶ文明・分化の進化は、最終的に集約的機械化農業の近代的な体系をもたらしたばかりでなく、驚くほど多様な農業の体系をもたらした。

その重要性

- ① 世界の人口の大部分が、まだ自給型農業に携わっている。
世界の耕地面積の約60%では自給型農業が行なわれている。
例えば、焼畑農業は世界の耕地面積の約30%で行なわれ、世界の人口の約10%を養っている。
- ② 環境に対する生態学的配慮を、数百年、数千年にわたる農耕の中で獲得し、そなえている。
例； フィリピン ルソン島イゴロット族による棚田
- ③ 近代的農業にとって、生態的に健全な農業体系の発展のための重要な糸口となる。

自給的農業を考える上での誤り：

- ① 農業体系の違いを、非効率性や後進性とみなしがち
- ② 自給型農業そのものが、現代農業の様々な矛盾を解決するための食糧生産の新しい形態となると短絡的に結論すること。

自給型農業を研究する目的：

全ての農業形態は、それぞれに固有な利点、問題点、制約を持っている。
これらのシステムを公平な観点から評価して、我々がこれらから何を採用しうるかを学ばなくてはならない。

2. 遊牧 (pastoralism)

定義：

家畜を飼う人々が自給のために家畜の生産物にのみ依存しているシステム

飼養家畜：

牛、羊、山羊、ラクダ、ヤク、トナカイ

分布：

アフリカ、アジアの乾燥および半乾燥地帯、アジア北極圏

サハラ南部のアフリカ 5,000 万人

ケニヤ、タンザニア、ウガンダ 89 万人の遊牧民と 63 万人の半遊牧民

サハラ南部、北アフリカ、中東、東アジア全部で 1 億人の遊牧民

ウガンダ Kalimojon 族の生態学的研究 (Dyson-Hudson, 1969,1970)

場所： 北東ウガンダ、サハラ沙漠の南、高原サバンナおよび草地

サハラ沙漠の拡大の影響を受けている地域 (Sahelian drought)

人口： 6 万人

生活面積： 4000 平方マイル = 1540 km²

生活様式：

婦人、少女、幼児は 200~300 人の定住集落で生活し、集落周辺の約 1 平方マイルで、ソルガム、ミレット (キビ)、トウモロコシ等を栽培する。

男および少年は移動家畜キャンプで短角コブウシと少数の羊、山羊を飼育

人口 1 人に対し 2~3 頭の牛

雨季の間は通常集落近くの比較的乾いた地域で放牧

乾季はより標高の高い地域へ移動

食糧：

移動キャンプの食糧

牛の 12% が乳を出す。1 日に 2 回搾乳。1.5~5 パイント/日

3~5 ヶ月間隔で牛の頸静脈から採血。4~8 パイントの血液を 1 度に採取。

男や少年は 1 日に牛乳 2.5 パイントに少量の牛の血液を混ぜたものを飲む。

集落の食糧

穀類のかゆに乳などを混ぜる。

他にきのこ、ハチミツ、野草、野生の果実、肉類（儀式の時や家畜が死んだ時）。
ソルガムのビールも生産されている。

Kalimojong 族の食糧生産システム：

厳しい環境という生態的現実に対応

不規則な降雨、

地理的な多様性 季節的な草地条件の変動

牧草の多量貯蔵や輸送ができない。

熱帯条件下であること。牧草のサイレージ製造や発酵などの技術が欠如して
いること。

病気や干ばつの頻発

→遊牧あるいは農業のいずれかのみ依存することを困難にする。

表 アフリカにおける遊牧および半遊牧の形態と気候の関係

雨量 (mm/年)	卓越する土地利用形態	主要な家畜
50 mm 以下	完全な遊牧民による間欠的な利用	ラクダ
50-200 mm	長距離の移動を伴う完全な遊牧体系	ラクダ
200-400 mm	補助的な作物栽培を伴う完全な遊牧 体系および半遊牧体系	牛・山羊・羊
400-600 mm	作物栽培により大きな比重を置いた 半遊牧システム	牛・山羊・羊
600-1000 mm	主として民俗的伝統としての半遊牧	牛
1000 mm 以上	民俗的伝統としての半遊牧を伴うが 主体は恒久的な家畜飼養	牛

遊牧システムの長所と短所：

市場配向的でない。(市場経済に向いていない。)

多数の人の生活を支えるために多数の家畜が必要。

多数の人が多数の家畜を飼養。

市場への出荷のために家畜を飼う場合、最大の収益を得るため、少人数の人が多数の家畜を飼うようになる。

草地条件や気候の影響を受けやすい。条件の良い時は家畜は増えるが、再び干ばつが来ると、家畜も人も飢える。

遊牧生活のエネルギー収支：

6.5 人の家族を想定

2,300 カロリー／日・大人 1 人当り

15,000 カロリー／日・1 家族当り

1 6 リットルの牛乳 (全カロリーの 3 / 4) と 2.4kg の肉 (全カロリーの 1 / 4)

を 1 日に消費。これを供給するためには、

3 5 ~ 4 0 頭の牛が 1 家族に必要。

構成 半数が 雌の成牛

2 ~ 3 頭の雄牛

1 5 ~ 1 8 頭の幼雌牛

数頭の幼雄牛

これだけの牛を飼養するために必要な草地の面積

年平均降水量 750mm では 4 0 ~ 6 0 ha / 1 家族当り

250mm では 4 0 0 ha

上記の間では 1 1 0 ha / 1 家族

1 7 ha / 1 人

— 1 億人の遊牧民の生活を支えるためには 1 7 億 ha (1700 万 km²)

地球の全陸地面積 (1 5 0 億 ha) の 11.4% の草地が必要。

3. 焼畑農業 (Shifting cultivation, slash and burn, swiddening, milpa, ladang, kaingin)

最も重要な自給型農業であり、2億～4億の人が従事している。

現在では主に熱帯で行なわれているが、ヨーロッパ、アメリカ、日本でも初期の農耕の形態は焼畑であった。

その形態：

植生の除去、整地、栽培（短期3～4年）、放棄、移動

ニューギニア Tsembaga 族（メラネシアに属す）の焼畑農耕

熱帯低地～山岳森林（標高 670～1,525m）の 8.3km² の地域に 204 人が生活。

405ha の面積が焼畑に使用され、そのうち 36～40ha が実際に栽培に使われている。

すなわち、90%は bush fallow（灌木林化した休閑地）である。

1人当りの耕地面積は 0.2ha。

Tsembaga 族の焼畑の技術

- ・二次林の伐採（一次林は滅多に伐採しない。）
- ・囲いをつくる。
- ・耕耘はしないで堀棒で穴をあけ、様々な作物の茎を植える。
- ・36種類の作物を栽培する。

主食は根菜でタロイモ、サツマイモが最も重要。ヤムイモ、キャッサバはこれに次いで重要。他に、バナナ、豆類、コーン、サトウキビ、キュウリ、カボチャ、多数の葉菜類を栽培。

間作による複雑な作物生態系を形成している。

作物の葉の高さ、根の深さが異なるため、適当に組み合わせることによって、土地や空間が有効に利用できる。

- ・栽培期間中の主な仕事 除草
- ・2年間のみ栽培して放棄

焼畑のエネルギー収支

①労働入力

伐採・整地	363×10^3	kcal/ha	
植付・圃場管理	559×10^3	kcal/ha	
収穫	465×10^3	kcal/ha	
合計	1387×10^3	kcal/ha	= のべ603人分の労働

②食糧出力

農場から	22770×10^3	kcal/ha
採集食糧	1387×10^3	kcal/ha

③食糧消費

人	15195×10^3	kcal/ha	6,600人分(204人の32日分)
家畜	8962×10^3	kcal/ha	

(豚の飼育 交戦儀式の際に屠殺して食べる。

儀式化された交戦サイクル10年。しばしば引き続いて他部族との戦闘が行なわれる。)

40haを耕作すれば $32 \times 40 = 1280$ 日分の食糧が得られる。

食糧出力/労働入力 = 16.4 合衆国中西部の集約的トウモロコシ栽培よりも高い。

焼畑農業の成立要件

一定期間の生態遷移の間に蓄積した養分資本の周期的な利用

焼畑が成立するためには十分な長さの休閑期間が必要であり、そのためには人口がある限界以下でなくてはならない。

1人に0.2haの耕地面積が必要で、焼畑用地の1/6がローテーションで農耕に使われる

と仮定すると、

1人に1.2haの焼畑用地が必要で、4億人の焼畑民の生活を支えるためには4.8億ha(480万km²)が必要。

これは、世界の全耕地面積(14億ha, 1,400万km²)の34%に相当する。

(Ruthenberg, 1971)

労働力の INPUT	食糧の OUTPUT	食糧消費
土地の開伐及び整地 363	OUTPUT 農地からの収穫 22,770 野生の食料採集 1387	人間 15195
植栽及び管理 559		合計 24,157
収穫作業 465		豚 8962

数字は1ヘクタール当たりの kcalx1000

図 ニューギニア山地 Tsembaga 族の焼畑におけるエネルギーの INPUT と OUTPUT

INPUT: 人間の労働として支出されたカロリーとして

OUTPUT: 食料のカロリーとして

(Rappaport, 1971)

表 焼畑耕作で行なわれる開伐整地の方法のいろいろ (Ruthenberg,1971)

システム	特徴
1. 焼入・植栽	乾燥した濃密な二次植生を焼き、土壌は耕起することなく作物を植える。
2. 焼入・鋤入・伐採・植栽	乾燥したサバンナ植生を焼き、残った樹木や灌木を伐採し、鋤入れし、作物を植栽する。
3. 伐採・焼入・植栽	植生を伐採し、乾季の間乾燥し、乾季の終わりに焼入し、雨季の始めに作物を植栽する。(最も一般的なパターン)
4. 伐採・植栽・焼入	植生(通常森林)を伐採しながら作物を植栽し、作物が生長してから作物に被害を及ぼさないように焼入する。
5. 伐採・堆肥化・植栽	伐採した植生を堆肥化し(あらかじめ焼入する場合もしない場合もある)、その後作物を植栽する。
6. 伐採・木材搬入・焼入・植栽	伐採し、周辺の地域(農地面積の5~20倍)から伐採した木材や灌木を加え、焼入し、植栽し、鋤入れする。
7. 伐採・1シーズン放置・植栽	森林植生を部分的に伐採し、バナナを植え、翌年伐採を完了し、前年のバナナの間新しいバナナを植える。
8. 樹木を枯れさせ、畝たて・植栽	樹木の皮をはぎ取り枯れさせて、落葉したら、耕起して畝立てし、作物を植栽する。

4. 定着的自給型農業 (Permanent subsistence agriculture)

(permanent とは、定着的、恒久的、持続的等という意味)
移動式農業 (遊牧・焼畑) 以上に多様な形態を持っている。

① 東南アジアの米作

- 1) 焼畑 shifting agriculture
- 2) 洪水による灌漑 flood irrigation
- 3) 用水路による灌漑 canal irrigation

洪水に依存した農業

大河川の氾濫原で行なわれる。

雨季が来る前に牛力等で整地して米を播種する。

低地では、品種は背の高い晩熟性の品種を選ぶ。洪水の際の水の高さに応じて多数の品種の中から選ぶ。洪水によって完全に冠水しないように、発芽や生育も早い品種を選ばなくてはならない。

より高位部の土地では発芽が遅く、生育も遅い品種が選ばれる。

一定の生産量を得るために必要なエネルギーや養分の要求量という観点からすると最も効率的な農業である。

川によって運ばれた泥に含まれる養分と水を利用できることによりエネルギーと労働力が節約できる。

	米の収量	労働力投入	労働力代価	output/input
	kg/ha	man·days	kg rice/man·day	
洪水灌漑水田	1332	71	0.50	32.67
普通の水田	2186	193	0.50	22.68

用水路の建設と維持には、より大きな投資を伴う。

しかし、年間を通じて十分な灌漑水を確保できれば、多数回の栽培が可能となる。

施肥や緑肥、イナワラ、厩肥、下肥の施用、

苗代による育苗、移植にも労力を必要とする。

定着的自給型農業では、家畜もエネルギーの循環の中で重要な役割を果たしており、人間には利用できない資源を有効化することによって、効率的な生産が行なわれている。

西ベンガル農村地域におけるコブウシ (zebu cattle) の飼養 (Odend'hal 1972)

飼料としてのインプット		利用可能なエネルギーとしてのアウトプット	
小麦のぬか、油かす、牧草		糞 肥料として	1.3×10^9 kcal
	4.2×10^9 kcal	燃料として	2.6×10^9 kcal
わら	15.6×10^9 kcal	農作業の畜力として	0.6×10^9 kcal
		牛乳として	0.2×10^9 kcal
代謝熱への移行	15.1×10^9 kcal	子牛として	0.01×10^9 kcal

② 沼沢地農業

Chinampa 農業 Valley of Mexico にて 1400~1600AD 頃最盛期

(湖水の水位が低かったため)

スペインの侵略によって消滅。

アズテク王国の首都 Tenochtitlan

周囲を閉ざされた盆地

雨季 $180 \sim 200 \text{km}^2$ の巨大な湖、乾季には5つの連結した小湖となる。

湖の浅い部分あるいは湿地化した部分に Chinampa を造成。

Chinampa とは、幅 $2.5 \sim 10 \text{m}$ 、長さ約 100m 、高さ $0.5 \sim 0.7 \text{m}$ の人工的な圃場。

周りに木の杭を並べ、杭の間を小枝でふさぐ。その中に、水草や湖底の泥を敷き詰める。また、縁辺部には柳の木を植えて補強した。この細長い圃場が $6 \sim 8$ 単位集まって1家族の農場を形成する。

水は水路からの浸透によって供給。肥沃度の維持は、湖の泥を定期的に積み上げることによって行なわれた。苗床も作られ、これは水路に浮かべて運搬された。

作物はトウモロコシ、豆、アマランス、市場向けの野菜等。

約 120km^2 の面積 (実質耕地面積 90km^2) で10万人の人口を養うことができた。

この農法は強力な政治機構の下で維持された。

スペインによる征服後、別の農法が導入され、湖はほとんど干拓されてしまった。

現在はほんのわずかな数の子孫達が残っているだけである。

同様の農法はビルマの Intha 族（人口約 70,000 人）によっても行なわれた。

Inle 湖（雨季には 155km²にもなる）の周辺あるいは湖上に約 200 の小村が形成された。彼らの農地は Chinampa よりもやや小さく、ボートから農作業が行なわれた。

農地単位は最初は草のマットに泥を敷きつめて作られ、最初の年は浮いているが、1 年ないし数年の内には湛水され、沈んでしまうが、実質的に chinampa のような永久的な農業用の小島へと変換される。この農地は非常に肥沃であり、Intha 族の食糧を自給できる上に、近隣の地域に野菜類を供給できる。

Valley of Kashmir でも同様な沼沢地農業が行なわれている。

これらの沼沢地農業は、水と養分という重要な問題を、立地条件を巧妙に利用する技術によって解決している。

③ 沙漠の流去水農業

200BC から 630AD にかけて、イスラエル南部からアラビア半島北部のネゲブ沙漠は Nebatean 族という民族によって支配されていた。ネゲブ沙漠においてこの民族は現在では放棄されてしまった6つの都市 (Advat, Shivta, Nissana, Rehobot, Halutza, Kurnuv) を支配し、ローマ帝国およびビザンチン帝国の構成員として長期間政治的安定を保った。

Nebatian 王国の繁栄は湿潤な気候によって得られたものではなく、沙漠の環境を農業利用するための独特な技術を完成したためである。

Negev 沙漠の降雨量は年間 100mm 程度であり、そのほとんどは1回に 10mm 以下の降雨である。それにも関わらずこの地域の表面流去水の割合は高い。Negev 沙漠の土壌は風によって運ばれたレスであるが、湿ると比較的水を通さないクラストを形成する。小さな流域では流去水の割合は 20~40%にも達する。より大きな流域では、河床に堆積した粗粒質の土砂を通じて浸透する水が多いため、流去水は少ない。Nebatian 族はこのような流去水のパターンを利用して、水分要求量の大きな作物を栽培する方法を開発した。

小さな集水地を利用した流去水農地 (Small catchment run-off farms) は、10~100ha の流域を持つ地域に作られる。この農地単位は、流域の斜面に集水地を作り、この集水地よりも低くなる位地に排水経路沿いに農地を作る。農地の面積は1ヘクタールから5ヘクタールであり、集水地と農地の面積の割合は 17:1 から 30:1 である。農地は排水路 (ワジ) を横切って岩の堤防を作り、農耕に適した土を堆積させることによって作られる。

栽培植物はオオムギ、小麦、豆、葡萄、イチジク、ナツメヤシ等であった。収量はオオムギで種子播種量の8倍、小麦で種子播種量の7倍であった。現代、より湿潤な北部ネゲブ地域でより近代的な農法によって栽培してもオオムギで9~11倍、小麦で8倍程度である。

この農法も自然の立地を巧みに利用する技術によって、水と養分の問題をふたつとも解決している。

岩の堰は水の流れをやわらげ、養分を含んだ土砂が土壌表面に堆積しやすくしているし、また水が地中深くしみこんで作物に利用されるのを助けている。

このような土地では大きな貯水池は無駄である。それは、貯水池の表面から蒸散によって水が失われるし、貯水池の底に養分に富んだ土砂が沈んでしまい利用できないからである。

この農法の維持には強力な安定な政治機構が必要であったため、700AD にビザンチン帝国がイスラム教のアラブ人に征服されると共に消滅した。

5. 自給型農業における生態学的戦略

①遊牧・焼畑

土地に蓄積された養分および収穫可能な食物エネルギーを人が移動することによって利用する。

②洪水灌漑（浮き稲栽培）、Chinampa 農法、Nebatian 流去水農法

天然の水の流れを利用し、耕地における水と養分の要求を満たす。
ただし、地域的な政治的安定性が必要。

③一般的傾向

適当な条件下では、高水準の生産性により、高い人口密度を支えることができる。
これらのシステムは労働集約的であるが、投下したエネルギーと比べると、高度に効率的である。
また、低エネルギー農業ほど、生産物をより有効に利用している。
廃棄物や不用物のリサイクルにより、生産物を余すところなく利用している。

6. 自給型農業地域における変化

人口増加が、自給的農業の存立する基盤を掘り崩している。

このような中での選択枝は、

- ① 食糧の形で土地から収奪される養分や、より集約的な農耕によって引き起こされる土地の劣化を補償するために、人間および家畜による労働を増加させる。
- ② 肥料、灌漑、その他のエネルギー集約的な高度な技術の採用。
- ③ 農耕システムの構造と生態学的システムの改変により、農耕地の劣化を減らし、労働力や外部エネルギーの入力の増加をほとんど伴わずに高収量を得る。
- ④ 農耕地の土地生産性の低下にまかせる。

収量を増加させるためには、何らかの努力が不可欠である。

土地利用学 1 1 集約農業の生態学的特徴

集約的農業生態系は、与えられた地域をそれ以前に占めていた自然生態系あるいは粗放的農業生態系とは、構造的にも機能的にも著しく異なっている。

集約的農業生態系の生態学的な強さと弱さを理解することは、農業生産を向上させていく方法を考える上で役に立つ。

新しい農業生産システムは、生態学的なメカニズムの役割を最大限に発揮し、再生可能な資源の有効な利用をはかるものでなくてはならない。

①連続性(continuity)

集約的農業生態系では、耕地と自然生態系やその他の生態系との境界が画然としており、もともと存在した植物相や動物相が、作物を中心とする単純な生態系によって広大な面積にわたり完全に置き換えられている。

自然生態系	耕地生態系
自己調節的	非自己調節的
遷移において連続的	遷移は断ち切られている
時間において連続的	1 作毎の作物が遷移の第一段階に相当する。

②適応性(adaptability)

天然の遷移の後期	耕地生態系
一連の植物・動物種群の間に相互調節的関係(co-adjustment)がある。	選択され栽培植物された作物、家畜化された動物と、天然あるいは外来の偶然的な種との間に対立関係がある。
生物の集合は自然の選択の結果である。	人間にとって必要なものを得るために、人間によって選択された。
環境の多少の変化にも対応しうる種の多様性を備えている。	環境の変化に対する緩衝力に乏しい、攪乱されやすいシステム

③ 種間の多様性の減少の要因

1) 作物生産を最大にするための努力が悪循環を形成している。

例：

非選択的な殺虫剤の使用

→ 害虫ばかりでなく、耕地の昆虫すべてを殺す。

→ 天敵不在の下で、他の種類の害虫の侵入を受けやすくなり、もともといた害虫も再発生する。

→ 薬剤散布を強化する。

→ 農業者による高頻度の干渉のもとで、極度に単純化された生物集団が成立する。

2) 植食食物連鎖の短縮と人間の取り分の増加

栽培農業生態系では人間は1次消費者であり、家畜を含む生態系では人間は唯一の肉食動物となる。

このように、生態系の構成要素は単純化され、非常に不安定な生態系となっている。

3) 腐食食物連鎖の省略

集約的農業生態系では、耕地から生産物のほとんどが持ち去られ、残渣等がほとんど還元されない。

腐食食物連鎖を通じてのエネルギーの流れは、損失なのだろうか？

腐食食物連鎖と養分循環の間には密接な関係があり、もしこの連鎖が断ち切られれば土壌養分は枯渇する。

④ 種内の遺伝子的多様性 (intraspecific diversity)

自然生態系を構成する種は数千年にわたって淘汰されてきた広い遺伝子的多様性を備えている。このような遺伝子の高度な多様性は、変動する環境からの衝撃をやわらげる効果を持っている。

栽培植物や家畜は、強度の選抜や育種の結果、遺伝子的にははるかに単純化されている。

また、多収ばかりでなく、フレーバーや植物の形の改良等、生態学的重要性をあまり持たない特性のための育種の中で、遺伝子プールが縮小されている。

例えば、フィリピンの国際稲研究所で育種された奇跡の稲第1号「IR-8」は、

いくつかの病原菌や害虫に弱い、多量の施肥を要求する等の問題点を持っていた。

また、栽培植物には遺伝子的な均一性が要求される。すなわち、作物の生育が高度に同調され、播種、除草、灌漑、施肥、収穫等の農作業を一斉に行なえ、収穫物の品質も一定していなくてはならない。

このように遺伝子的な均一性は作物管理上と市場対策上不可欠のものではあるが、雑草、病害虫の駆除、養分や水分の供給、花粉の媒介等が、人間の介在なしには行なえないという生態学的問題を持っている。

今後栽培植物の育種において考慮すべき点

- 1) 貴重な資源を効率的に利用できる種
- 2) 生育が制限されるような地域(marginal area)で生育できる種

⑤ 養分と水分の供給 (Nutrient and water subsidies)

自然の生態系では、自然遷移が極相に達するまでに、土壤環境も高度に組織され、水と養分の貯蔵、移動、供給に大きな役割を果たしている。

土壤は様々な生物と非生物的構成要素の有機的集合体であり、ランダムな集合体ではなく、高度に組織されかみ合った精密な構造体である。

集約農業下の生態系では、腐食食物連鎖の断絶、収穫物の系外への持ち出し、土壤の攪乱等によって地表下の遷移をも破壊している。このような破壊の繰り返しの結果、土は植物体の単なる物理的支持体となってしまう。

⑥ 生態系の調節と操作 (Ecosystem regulation and subsidation)

集約的農業生態系は人間による物質とエネルギーの供給によってのみ支えられているシステムである。人間は生態系におけるエネルギーの流れをどこまで変えることが許されるのか。肥料や農薬は必要以上に施用され、農業はアグリビジネスによって支配されている。

⑦ 農業の工業化

- a. 農業生態系の単純化 (単作化・連作化・作物種の減少)
- b. 農作業全般の機械化
- c. 多肥化・農薬施用増大と自給肥料 (堆肥等) の減少
- d. 基盤整備 (農道・用排水路・灌漑施設) の進展、施設栽培の発展
- e. 生産資材の工業依存
- f. 農業の工業・商業資本への隷属

g. 労働生産性・土地生産性の向上、資源生産性の低下

⑧ 農業の効率、コスト、エネルギーに関する考え方

農業の効率は、単に一定の生産量当りの収率や経費のみによって計られるべきものではない。その農業行為の生態学的影響、環境保護の代償に関しても生産コストに加えられるべきである。農業はまたエネルギーの面からも評価されるべきである。

1 カロリーの食糧を生産するために投入されたエネルギー

USA (小麦)	1. 14 カロリー
英国 (小麦)	2. 50 カロリー
イスラエル (小麦)	3. 85 カロリー
日本 (米)	2. 63 カロリー
東南アジア (米)	0. 033 カロリー

今後の農業はエネルギーの投入量を増加させることによって収穫を増大させることをめざすのではなく、現在の生産レベルを維持しつつ、投入を減少させること、特に化石エネルギーの投入を減少させることによって、システムの正味の生産性の向上をめざすべきである。

農業の集約化は、自然の回復力に対する挑戦である。生態系を通じてのエネルギーの流れを人間はどこまで管理することができるのか？将来の耕地の食糧生産能力に重大な悪影響をもたらすことなしに、この限界点を不幸な経験によって発見する前に、我々は自然生態系に匹敵する生産性を持った農業生態系を工夫して作り出さなくてはならない。そのためには自然生態系の中で働くプロセスを最大限に活用し、また再生できない資源よりも再生可能な資源を活用しなくてはならない。

土地利用学 1 2 土壤に関連した土地障害 (soil related constraints)

先に FAO-UNESCO の分類名、()内に USDA-Soil Taxonomy の分類名を示した。p.p.は必ずしも 1:1 の対応を持たないことを示す。

Ferralsols (Oxisols) 植物養分含量が少ない。

陽イオン交換容量 (CEC) が低い。

肥料として施用された塩基類の保持力が弱い。

粘土質の土壤ではリン酸塩の固定が大きい。

イオウ欠乏が起きやすい。

溶脱や無機化によって窒素が失われやすい。

土壤酸性が顕著。

C a 含量が非常に低い。

微量元素欠乏。

微量元素の過剰障害が起きることもある (とくに超塩基性岩から生成した土壤で)。

Acrisols (Ultisols)

植物養分含量が少ない。

交換性アルミニウムが多い。

降雨量が多い場合、溶脱によって窒素が失われやすい。

微量元素欠乏、特に B と M g。

養分が土壤の表層に濃縮されているため、その維持は植生を通じての再循環に依存する。

土壤構造の発達が悪いため、侵食を受けやすい。

Nitosols (Paleudults, Paleustults, Paleudalfs, Paleustalfs, p.p.)

Ferralsols と類似の養分欠乏状態を示すが、Ferralsols ほど深刻ではない。

塩基飽和度が中から高。

置換性アルミニウムによる障害は見られない。

リン酸固定は中程度。

マンガン過剰障害が、酸性の強い Nitosols では見られる。

Luvisols (Alfisols, p.p.)

塩基状態は中から高。

土壌酸性、Ca 欠乏、P 固定は深刻ではない。

Lubisols は半湿潤地帯から半乾燥地帯にかけて分布し、強度に風化した母材の上に生成する。

植物養分含量は低く、主要元素の欠乏が見られる。

置換性塩基は主にCa で占められる。

微量元素欠乏、とくに亜鉛欠乏。

土壌団粒の安定性が悪く、雨によって土壌表面に透水性の悪いクラストができやすい。

Vertisols (Vertisols)

土性が重粘質であること、膨潤性粘土鉱物を含むこと等の理由から、水分欠乏状態と水分過剰状態の間の許容範囲が非常に狭い。

土壌が湿潤な時は粘性によって、土壌が乾燥した時は硬さによって、耕耘が困難になる。

塩基飽和度が高く、置換座は主としてCa とMg によって占められる。

P の可給性は一般に低い。

休耕中あるいは冠水した時の土壌侵食は深刻である。

Planosols (Albaquults, Albaqualfs)

排水不良な平坦地形または凹地地形に発達した土壌

Arenosols (Psamments, p.p.)

熱帯及び亜熱帯の強度に風化を受けた砂質の土壌。

Andosols (Andisols)

Andosols に含まれる非晶質の水和酸化物は非常に強度のP, B, Mo 固定を引き起こす。

塩基性の火山灰では、高含量のFe-Mg 鉱物により、養分の不釣り合いが起こりやすい。

より酸性のAndosols ではアルミニウム過剰障害やMg 欠乏が起こりやすい。

Podisols (Spodosols)

粗粒質で石英質の母材に生成し、溶脱が著しく、有機-金属複合体を形成しやすいことから、深刻な養分欠乏を起こしやすい。

窒素およびカリウムの欠乏。

置換性のアルミニウムが多いことから、P の可給性が減少する。

施用された養分の保持力が非常に小さく、容易に溶脱されやすい。

銅および亜鉛欠乏。

自然植生の回復力が非常に弱いため、焼畑農業には適さない。

Cambisols (Tropepts)

Cambisols における土壌障害は、より土壌生成の進行した土壌(Vertisols, Ferralsols, Luvisols, Acrisols, Gleysols)と比べて著しくない。

Xerosols (Aridisols, p.p.)

水分欠乏ストレス。

炭酸カルシウム含量が高い。

Pの可給性が低い。

塩類濃度、アルカリ濃度が高い。

鉄および亜鉛の欠乏。

石膏含量が高い Xerosols は用水路の建設に障害となる。

Yermosols (Aridisols, p.p.)

常に干害にさらされている。

Solonchaks (Salorthids and saline phases, p.p.)

土壌溶液中の塩分濃度が高い。

水分欠乏ストレス。

植物による正常なイオン吸収が阻害される。

Fluvisols (Fluvents)

Fluvisols は非常に多様であるため、養分状態について一般化はできない。

Fluvisols の肥沃度は、それが生成した母材に依存する。

洪水は Fluvisols における共通した障害である。

Gleysols (Aquepts, Aquepts)

水分の過剰

脱窒が起きやすい。

下層に鋤床層（犁底盤）や固結層を形成しやすい。

Histosols (Histosols)

湛水性。

植物の支持力が弱い。

排水すると地盤沈下を起こす。

微量元素欠乏、とくに銅。

乾燥すると有機物が不可逆的に収縮。

酸性の泥炭は主要元素含量が著しく低い。

有機物含量が乾土当り60%以上の土壌では、S i の欠乏が起きやすい。

稲作における問題土壌

① 塩類およびアルカリ土壌

アルカリ土壌は毛管上昇水が土壌中の重炭酸塩や炭酸塩を溶かして土壌層位の表層部に濃縮させることによって生成する。

半乾燥地域および乾燥地域で、排水施設が不備な状況下で灌漑水を導入すると、わずかな年数の内に土壌への塩類集積がおこり、塩類土壌が生成する。

その原因は

土壌断面中の塩類濃度が高いこと。

地下水が塩類に富んでおり、地下水位が高いこと。

土壌被膜に塩類集積層ができること。

用水灌漑水による塩類濃度の高い隣接地域からの塩類の運搬。

表土および下層土の排水性が悪いこと。

塩類濃度の高い灌漑水の使用。

海水の侵入。

等である。

② 酸性硫酸塩土壌

沿岸の低湿地に生成する。

土壌や堆積物中の硫化鉄（パイライト、 FeS_2 ）が化学的微生物的に酸化を受けて硫酸を生成することにより、土壌が酸性化する。

アルミニウム過剰障害、鉄過剰障害等が起きる。

湛水条件下では、硫酸の還元が進み、pHは上昇する。

③ 泥炭土壌

稲の不稔現象

低pH、低塩基、溶存有機物（フェノール性化合物等）による生理障害

銅欠乏、亜鉛欠乏、全般的な低養分状態。

仮比重が小さいことから、重量当りの養分含量は普通でも容積当りの養分含量は非常に低いことになる。

④ リン酸欠乏土壌

Ferralsols, Acrisols, Luvisols

置換性アルミニウム、全鉄含量、有機物含量、低pHと関連

北海道の3大特殊土壌

① 火山性土 104万 ha

酸性、リン酸欠乏

② 重粘土 20万 ha

酸性、排水性が悪いこと、土壌の物理性が悪いこと

③ 泥炭土 50万 ha

養分欠乏、排水性、酸性

④ 酸性土 弱酸性 27.8万 ha

強酸性 14.5万 ha

北海道の耕地面積 120.9万 ha

土地利用学 14 持続可能な農業

NGOグローバルフォーラム（1992年にブラジルで地球サミットと並行して開催）による「持続可能な農業」の規定

「持続可能な農業は、生物の多様性を保存し、土の肥沃さと水の清浄さを保ち、土の物理的・化学的・生物的質を保存しながら、これをより向上させ、自然資源をリサイクルし、エネルギーを節約する。持続可能な農業は、質の高い食料、ファイバー、薬を多様な形態で生産する。」

地球サミット（1992年6月ブラジルのリオデジャネイロで開催）

107名の国家元首が出席。日本の宮沢首相は国内のPKO問題で欠席。ビデオ演説を申し込んだが国連事務局長に断られる。

温暖化防止条約

生物多様性保全条約

自然環境の憲法「リオデジャネイロ宣言」

その実行計画「アジェンダ21」

「持続可能な農業と農村開発（SARD）の条件を創出するためには、先進国においても途上国においても、国内レベルと国際レベルの双方で、農業、環境およびマクロ経済政策における大がかりな調整が必要である。SARDの主要な目標は、持続可能な方法で食糧生産を増加させ、食糧安全補償を強化することである。」

ガットウルグアイラウンドでの各国の主張との整合性はいかに？

日本の食糧自給率の低下 22%台

フランス 143%

アメリカ 113%

旧西ドイツ 94%

イギリス 73%

スイス 65%

自給率の低下はその国の物質循環を破壊し、必然的に環境の悪化をもたらす。

たとえば穀物輸入量の増加は窒素の負荷量の増大を意味し、最終的には湖沼や内海での富栄養化をもたらす。

NGO条約「食糧安保を保証するためには、消費者と生産者との地理的な距離はできる限り狭めなければならない。消費者と生産者との相互理解による密接な関係もまた不可欠である。」

世界のクリーン農業の動向

世界の食糧問題の基本的構図

- ① 発展途上国 慢性的食糧不足
- ② 西側先進国 構造的過剰から停滞・減少傾向へ（1984年頃が転機）
1984年から1991年までの穀物生産の平均増加率は1%弱で、
平均人口増加率を0.8%も下回る。
- ③ 計画経済諸国 食糧供給の不安定性

ECの共通農業政策

農産物の価格保証と輸出補助による自給率の向上により、1984年の平均自給率は112%に達した。その中で、生産過剰や輸出拡大によるアメリカとの貿易摩擦が顕在化し新しい政策の確立が求められるようになった。

新政策の3本柱は

- ① 過剰生産の抑制
- ② 自然環境の保全
- ③ 農産物の安全性の向上

であり、低集約・粗放的農業が叫ばれるようになった。

そのための手段は

- ① 農薬・化学肥料・化石エネルギー等の投入量の削減
- ② 生態系の活用による総合防除
- ③ 緑肥・堆肥の利用
- ④ 粗放化のための財政的援助

である。

アメリカ農業における動向

単作化、専門化、巨大化の中で、中小農家の脱落、農村の貧困化

地力収奪的農業の一般化 1988年の大干ばつ

その中で、

1985年には「食糧安全保障法」

1990年には「低投入持続的農業法」が制定された。

その3本柱は、

①食糧の安全性と消費者問題

米国内で禁止されている農薬の生産と輸出の禁止

国による有機農産物の承認ラベル

②環境保全問題

湿原生態系の保全 自然へのいたわり

これは、最も弱い湿原生態系の維持保全技術を確立するならば他の自然生態系の保全にも有効であるとの認識の上に立つ。

生産者による地下水・表層水の汚染防止、水質浄化への取り組み

土壌流亡の防止

③LISA研究の推進

農業研究への新規補助金の大幅増額

5年間で15億ドル 1500億円

農薬の使用制限を可能にするための研究に2500万ドル 25億円

地球温暖化の研究に6700万ドル 67億円

財源は農薬と化学肥料への課税

同時代における日本の科学研究費の総額646億円

(平成4年度、農学関係はその10分の1以下)

低投入持続的農業とは
(Low Input Sustainable Agriculture)

定義：

資源の再生産と再利用を可能にし、農薬・化学肥料の投入量を最小限に抑えることによって、地域資源と環境を保全しながら一定の生産量と収益性を確保し、より安全な食糧生産に寄与する農法の体系

目標：

- ① 農業生産における生産性・収益性を確保すること
- ② 資源環境の保全
- ③ 農業者の健康と農産物の安全性の確保

前提条件：

農薬・化学肥料等の投入量の削減
適切な経営や肥培管理などによる経営者能力の向上

具体的手段：

- ①生態系の機能をフルに活用する。
- ②ローテーション作物の導入（作付体系の確立）
- ③耕種と畜産の結合
緑肥作物・有機物等の積極的活用
- ④総合的防除の導入
- ⑤土壌と水を保全するための農法
不耕起栽培などの適切な耕法を採用
- ⑥ハイテク技術（バイオテクノロジー）の積極的な活用

低投入持続的農業の5つの特徴：

- ①短期ではなく長期的利益を求めている。
- ②経済的利益と環境安全性利益のバランスを求めている。
- ③特定の技術・分野にとどまらず、農業生産および農法の全般的かつ広範囲な技術やシステムに関係している。
- ④最近の農業技術の導入
- ⑤問題が農業者ばかりでなく、消費者あるいは一般市民の環境や安全性に対する強い関心から提起されている。

環境容量と環境容量内での生産活動

carrying capacity

汚染浄化能

環境場の物理的広がり

生態系影響の限界

土壌養分の場合

養分富化量 (A) = 投入量 (B) - 持ち出し量 (C) がゼロより大きくないと農業は維持できない。しかし $A = B - C$ が大きすぎて環境容量を越えると環境汚染をもたらす。

農薬の場合

農薬賦存量 (A) = 投入量 (B) - 自己分解量 (C)

農薬賦存量 (A) は環境容量以下でなくてはならない。

窒素適正量

20 kg/10a (10kg 化学肥料 10kg 有機物)

世界の窒素負荷量		kg/10a	
アジア	6.9	オランダ	50.0
ヨーロッパ	12.6	ベルギー	31.9
オーストリア	0.6	韓国	31.3
アメリカ	4.1	西ドイツ	24.8
		日本	23.7
		デンマーク	23.0
		東ドイツ	22.0

資料：環境容量とは

1. 産業活動にしても、日常生活にしても、人間活動は無限に拡大できるものではなく、環境保全という観点から一定の限界があります。
環境容量とは、このような限界を表すもので、環境が受け入れることのできる人間活動又は汚染物質の量であるといわれています。
2. 現在、環境容量の考え方には、次の2つがあります。
1つは、環境容量を自然の浄化能力からとらえるものです。
これは、環境中に排出される汚染物質は、人間が何も手を加えなくても、大気や水の拡散能力、水中のバクテリアの分解能力、緑の持つ大気浄化能力などいわゆる自然の力で、ある程度浄化されるものであり、このような自然の浄化能力の限界量を環境容量とするものです。
3. もう1つは、環境容量を汚染の許容限度からとらえるものです。
これは、汚染物質の環境中への排出量が環境基準に照らして算出される環境中に排出できる汚染物質の量を環境容量とするものです。

自然立地的土地利用計画

自然環境をできるだけ有効に利用し、自然の持つ多様性を生かしつつ、その利用の持続性を保障しようとする考え方

Wir haben diese Erde nicht von unseren Vätern geerbt, sondern von unseren Kindern geliehen. (Hopi-Mythologie)

Wir alle wissen, daß die Naturgüter Boden, Wasser und Luft die Grundlagen jeglichen Lebens auf der Erde sind. Diese Lebensgrundlagen für den Menschen mit ihrer Pflanzen- und Tierwelt müssen wir nachhaltig schätzen, pflegen und entwickeln.

景域計画 Landschaftsplanung (Landscape planning)

人間の生活・生産活動が行われている動的な地域（景域）を保全・開発するための計画論であり、その目的は景域の保全である。

景域の保全とは、持続性のある美しい健全な景域の建設をめざして、景域の秩序・管理・維持開発を行なうもの。

土地自然を土地利用のための条件（自然条件）と考えるのではなく、土地自然を保全し、地域を保全するためにどういう土地利用が望ましいかを考えること。

日本では土地という概念が主として経済的側面からとらえられ、自然的側面が軽視されてきたことに加えて、土地利用において自然立地的側面がほとんど考慮されてこなかった。

自然立地的土地利用計画の基本的考え方

自然立地単位：

土地利用に対して同質の可能性を提供する土地自然の単位的まとまりであり、生態学的に意味を持つ単位であり、自然地理学的基礎調査および植生学的基礎調査に立脚して確立される。

自然地理学的基礎調査

地形調査および土壌調査

植生学的基礎調査

現存植生調査および潜在自然植生調査

土地利用単位：

生態学的に見て土地自然に対して同質の荷重を与える土地利用の空間的ひろがり。

これらの単位の相互関連表を作成し、現状における土地自然と土地利用の相互関係の理解をはかり、今後の両者の結びつきのあり方を考察する。

ハンブルグ環境局の都市土地利用計画における提案

土壌指数(Bodenkennwert) と緑の容積指数(Grünvolumenzahl)

BKW 1.0 自然の状態の土地および水面、畑、牧草地、森林、草地等

BKW 0.6 雨水を通す土壌表面、砕石・砂利・砂による舗装面またはグラウンド

BKW 0.4 大きな隙間(2cm)のあるモザイク組石および小さな敷石

BKW 0.2 1辺が16cm以上のきっちりした敷石やタイルによる舗装、屋根のある緑地

BKW 0.0 建造物によって覆われた面積

G V Z

ある土地面積内の植物の容積 m^3 を土地面積 m^2 で割った値。

BKWとGVZがなるべく大きくなるような都市環境を構築する。

農業土壌の造成と改良

完全な生育を確保するために土壌は作物に次のことを保証する必要がある。

- (1) 植物養分の適切な供給
- (2) 空気と水の不断かつ十分な供給
- (3) 適当な温度
- (4) 根のための十分な空間
- (5) 有害物質と有害生物の排除
- (6) 他の植物との競合のないこと

(R u s s e l , 1 9 7 1)

ここで、「完全な生育」を「より多くの収穫」に、「土壌は作物に」を「人間は土壌に」と読みかえるならば、上記6項目は、土壌の改良と管理のために人間がやってきたこと、今後もやるべきことを簡単に表現したものといえる。

自然界では、それぞれの立地環境に適合した生物群集が成立する。また、植栽樹種は適地適木の原則にもとづいて選択される。一方農業は、人間にとって利用価値のない植物を排除し、目的とする作物を栽培し、しかもできるだけ多くの収穫をあげるよう(1)から(6)の項目について、人間が土壌を操作する。この操作が土壌の造成、改良、管理である。

熊田恭一 「土壌環境」 p. 62

環境庁による「環境影響評価」の定義

開発行為が空気、水、土、生物等の環境に及ぼす影響の程度と範囲、その防止策について代替案の比較検討を含め事前に予測と評価を行うこと。

UNEP 国連環境局による定義

人間の行動が環境を変える恐れのある時、どうしたら良いかを確認し、予測し、分析し、公表する行動

Environmental Impact Assessment と
Environmental Assessment の概念の違い

環境アセスメントの歴史

- 1961年 西宮市日石コンビナート計画
- 1964年 沼津・三島コンビナート計画中止
- 1967年 阿賀野川有機水銀中毒事件訴訟
四日市ぜんそく公害訴訟（1972 全面勝訴）
- 1969年 大阪空港騒音訴訟
- 1970年1月 USAでNational Environment Policy Act (NEPA)
「国家環境政策法」施行
その中で環境保全にかかわる制度とそれに必要な手法を規定
政府の行う事業については環境アセスメントを行い、これを公表する。
- 1971年 環境庁発足
- 1972年 閣議了解事項「各種公共事業に係わる環境保全対策について」
により、大規模な公共事業に環境アセスメントを実施することが
決定される。
- 1977年 環境影響評価法国会提出 その後毎年審議を継続
- 1983年 産業界の強い反対により、環境影響評価法は国会で審議未了により
廃案となる。
- 1984年 「環境影響評価実施要綱」を閣議決定
(閣議決定は法律ではないため罰則がない)
政府所管の開発事業について、従来各省庁が独自に進めてきた環境
アセスメントを、行政指導を通じて統一的に実施する。
- 1984年11月 「基本事項」環境庁長官により制定される。
各省庁が環境アセスメントの技術指針を定める際の原則

- 1993 年 「環境基本法」成立 地球環境問題への対応
環境アセスメントの一般的必要性を明記
- 1996年 環境影響評価総合研究会報告書
- 1997 年 6 月 環境影響評価法 参院で成立
- 1997 年 12 月 「基本的事項」の決定
- 1999 年 6 月 環境影響評価法施行

自治体の環境アセスメント

- 1976 年 川崎市
- 1979 年 北海道
- 1981 年 東京都 神奈川県 が条例として制定
現在、条例 56 団体・要綱 3 団体、合計 59 団体。

「基本事項」において、調査、予測、評価の対象とされていた環境要素

① 公害項目 大気汚染 水質汚染 土壌汚染 騒音 振動 地盤沈下 悪臭

② 自然環境の保全に関する項目

地形・地質 植物 動物 景観 野外レクリエーション地など

問題点 土壌は植物の生産基盤、水の透水・貯水・浄化媒体、アメニティ

その他の要素としてきわめて重要であるにも関わらず、自然環境の保全に

関する事項には加えられていない。

環境影響評価法の下で定められた基本的事項

I 環境の自然的構成要素の良好な状態の保持

◎ 大気環境

大気質、騒音、振動、悪臭、その他

◎ 水環境

水質、底質、地下水、その他

◎ 土壌環境・その他の環境

地形・地質、地盤、土壌、その他

II 生物の多様性の確保および自然環境の体系的保全

◎ 植物

◎ 動物

◎ 生態系

III 人と自然との豊かな触れ合い

◎ 景観

◎ 触れ合い活動の場

IV 環境への負荷

◎ 廃棄物等

◎ 温室効果ガス

環境アセスメントの問題点

書き方の問題点

A. 本来あるべき書き方

予測 → 評価 → 影響 → 必要な対策

B. 事業者が望む書き方

対策を含んだものに対する予測 → 評価 → 影響無し（安全宣言）

B. の例：通産省の実施する発電所の環境アセスメント

「火力・原子力発電所の立地に関する環境影響調査要綱」

昭和54年6月26日資源エネルギー庁

発電所の計画・概要

環境の現況

環境保全のために講じようとする対策

環境影響の予測および評価

その他環境保全のために講じようとする措置

（工事中および運転開始後の環境監視）

総合評価

A. の例：建設省の環境アセスメント技術指針

「ダム事業環境影響評価技術指針」昭和60年9月26日

環境影響要因の把握（事業内容）

地域環境の基礎的項目に関する調査

現状調査

予測

評価

環境保全対策の検討

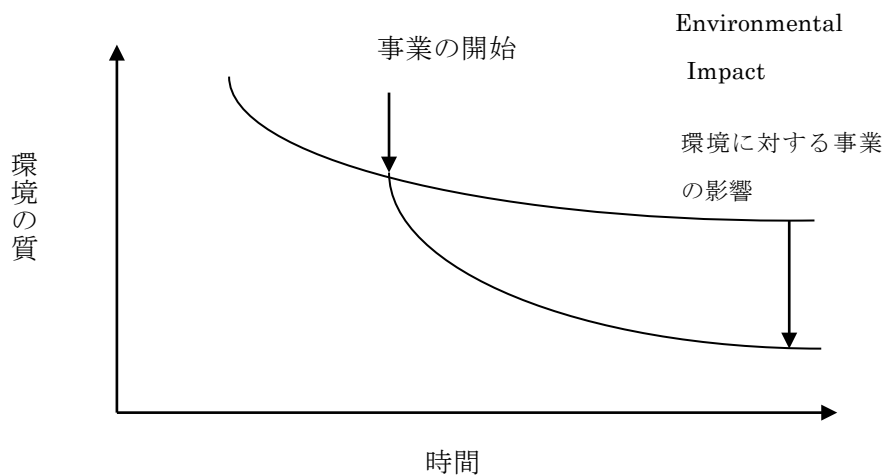
計画段階で考えた対策と環境アセスメントの結果必要となった対策とを
区別しなければフェアではない。

Polluters Pay Principle

よい評価書とは コミュニケーションのための環境アセスメント

島津康男 新版 環境アセスメント NHK ブックス 527 (1987)

1. 地域の概況および計画概要の記載は、併せて全体の 20%を超えないようにし、予測評価を主とすること。また、環境項目ごとに、現況・予測・評価・環境保全対策の順に記載し、全体の流れがつかめるようにすること。
2. 計画策定段階で考慮した保全対策と、アセスメントの結果必要となった保全対策との区別を明らかにすること。
3. 保全対策及び必要な事後監視については具体的に記載し、かつ事業者の責任を明らかにすること。
4. 一般住民が読むことを前提としたわかりやすい表現とし、読む側が納得できる表現とすること。
5. 準備書に基づいて検証が可能なよう明確な記載をすること。また、既存資料の利用にあたっては、データの有効性を検討し利用すること。
6. 結論を導く過程に飛躍がないようにすること。例えば、計画の前提となる計画諸元、予測手法に不確実性を伴う場合は、結論の信頼性に及ぼす感度分析を行うこと。
7. 評価はすべて安全側に行うことを基本とする。



資料 農林水産省所管 農用地の造成事業に係る環境影響評価指針
(昭和62年2月28日)

環境情報科学センター編「自然環境アセスメント指針」より

第1 趣旨 概略

農林水産省事務次官通達(「実施要綱」という)に基づき、農用地の造成事業について、事業者が行う公害の防止及び評価を適正に行うために定めるものである。

第2 環境影響評価要因の把握

次の行為について、人の健康、生活環境、自然環境に影響を及ぼすと予想される要因「環境影響要因」を把握する。

- (1) 農用地の造成
- (2) (1)の工事が完了した後の土地の存在
- (3) 農用地の使用

第3 地域の環境に係る基礎的調査

1. 調査目的 略

2. 調査項目 別表1

地域の自然的状況

1. 地形・地質
2. 植物、動物の概況
3. 河川、湖沼の概況
4. 気象の概況
5. 水象、水質の概況
6. 景観の概況
7. 野外レクリエーション地の概況

環境関係法律等に係る項目

1. 公害の発生状況
2. 環境関係法律等に係る項目(略)

地域の社会的状況に係る項目

1. 行政区画の状況
2. 集落の状況
3. 人口の状況
4. 土地利用の状況
5. 農林水産業の状況
6. その他の産業の状況
7. 河川利用の状況
8. 地域に係る土地利用関係法律に基づく地域・地区の指定状況及び土地利用計画

3. 調査地域(略)

4. 調査方法(略)

第4 現況調査

別表2 環境の要素等

第5 予測

別表3 予測項目等

第6 評価

自然環境の保全に係る評価項目に関する評価は、環境保全の目標（別表4）に照らす方法等によって行う。この場合、必要に応じて学識経験者等の意見を参考にすることができる。

別表4 自然環境の保全に係る環境保全の目標

	区 分	環境保全の目標
A	全国的価値に値するもの	環境の要素を努めて保全する
B	都道府県の価値に値するもの	環境の要素を相当程度保全する
C	市町村的価値に値するもの	環境の要素への影響を努めて最小化する
