

の開始以来出生した7百万人の幼児が病気から守られ、百万人以上の感染者が全快している。

川盲病の脅威から解放された農地は150,000 km<sup>2</sup>と見積られており、農業生産のための新村の建設が進められている。

第3、第4 フェーズでは対象地域を130万km<sup>2</sup>、人口3千万人に拡大している。

#### (5) 対 策

オンコセルカ撲滅に最も効果的な方法として、同計画はブユの幼虫の生息地である清水急流水域への殺虫剤の散布方式を採用している。アクセスしにくい溪流も多く、散布はヘリコプターによっている。殺虫剤は幼虫の耐薬性、他の生態系（特に植物、魚類等）への安全性に配慮して開発されており、残留性の低い（土地の微生物により分解される）農薬である。

一方、感染者に対しては危険な副作用を伴わずマイクロフィラリアを退治する治療薬や予防薬が開発投与されている。

さらに本計画の重要な対策にモニタリングがある。生息環境を丹念に調査し、幼虫を早期に発見する作業であり、多くの現地スタッフが中心となって従事しているが、早期発見と早期薬剤散布が重要である。

#### (6) 補 足

灌漑排水施設の急流工もブユの幼虫の生息環境になるとされていることは前述したが、このため、ECでは水利構造物の設計流速に対する研究も進められている。

しかし、この方法だけではオンコセルカ撲滅の根本的な解決策とはなり得ない。前節で述べたスーダンのゲジラBoardのような方式による水利費徴収とあわせた保健プログラムの実施により、自立した体制づくりによる組織的撲滅プログラムの設立がより効果的である。

(出典：Fact Sheet of Onchocerciasis Control Programme, World Bank他)

## 5. 4 文化財の保護

### 5. 4. 1 概 説

文化財とは考古学的、歴史的、宗教的、審美的な場所、建造物、遺跡などのことであり、彫刻、絵画、壁画ならびに科学的に重要な情報を有する地域等を含む。これら前時代の人類により残された文化的な遺産は開発プロジェクトあるいは開発行為により影響を受ける場合があり、またこのような場所はしばしば重要な自然地帯と一致している。影響の種類には貯水池築造等による湛水、造成や構造物新設による破壊・損傷などがあり、影響の緩和策は第3章の解説に示してある。

一般に、開発調査の対象となる途上国はアジア・中近東・中南米・アフリカの諸国であるが、これらの国々の多くは有史以前様々な文化の発祥の地であり、未確認の遺跡、仏跡、古墳、ストゥーバ、墓地なども多い。

これらの未確認の文化財は建設工事に伴い発見されることが多く、史跡調査に要する期間は比較的長期に亘り、工事が中断されることにより、便益の発生に多大な影響を及ぼすことがある。このため、開発調査期間中に国及び地方レベルで文化財担当部局あるいは大学の考古学科などを中心として、資料・情報を収集し、計画策定に反映する努力が必要である。面的な開発の場合は、これらの地域が確認された場合、事業地域から除外することも一つの方法であるが、貯水池など規模の大きい開発工事になると事業地域から除外することも難しくその影響も大きな問題となる。

ここでは古代エジプト遺跡の水没に関するアスワンハイダムの事例を紹介する。

### 5. 4. 2 古代エジプト遺跡の水没対策の事例

#### (1) アスワンハイダムの概要

1970年にナイル川中流に完成したアスワンハイダムは洪水防御・灌漑・発電の多目的ダムであり、総貯水量が1,620億 $m^3$ のナセル湖を創出した。この人造湖により住民移転、上・下流への影響等、種々の環境問題が発生したが、灌漑、洪水防御、発電、漁業等の莫大な便益を発現させ、国家経済に大きく貢献している。

## (2) 古代エジプト遺跡の水没

アスワンハイダムによる水没地には紀元前1,300年頃に築造されたアブシンベル神殿等の遺跡があった。この地域は既にオールドアスワンダムの湛水により、大神殿の直下まで水面が達していたものであるが、ハイダムの建設により水位が60 m上昇するので完全に水没することとなった。この遺跡は古代エジプトのみならず、人類全体の貴重な遺跡であるところから、その保全のための国際的な世論が起こり、その保存ができなければダム計画も実現できない状態になった。この大神殿のほか水没地内にはスーダン領内も含めて各所に神殿や壁画があり、これらの水没も人類にとって重大な損失であると考えられた。

## (3) 古代遺跡の移転

アブシンベル神殿は人類にとって貴重な遺跡であるとして、その保存対策がユネスコ及び国連開発計画 (UNDP) の主導による広範な国際協力事業として1960年3月から開始された。移転の方法として、水圧ジャッキによる25万トンに及ぶ大神殿を60 m持ち上げる案がイタリアから出されたが、結局神殿を1,041個の岩塊に分解して運搬、復元するというスウェーデン案が採択になり、3,600万ドルを費やして1968年9月に完了した。

その他の遺跡もエジプト政府、フランス、ドイツ、アメリカ等の協力で移設されたほか、スーダン側の神殿及び壁画などもハルツームの博物館に移転された。

(出典：ダム建設計画に係る環境インパクト調査に関するガイドライン, JICA)

## 5. 5 貴重な生物・生態系地域

### 5. 5. 1 熱帯林の保全

#### (1) 概 説

熱帯林減少の最大要因は焼畑農業による森林の荒廃であると推測されており、熱帯林の保全には焼畑農業の抑制が最大の課題となっている。焼畑農業の抑制策には；1) 焼畑農民の森林地域からの移転、2) 定着農業あるいは焼畑に変わる代替農業の振興；がある。前者には強制移転・入植計画、後者には定着農業の指導・普及・アグロフォレストリーの導入等対策が採用されている。

対象となる住民にとって持続可能な代替農業では、土地を始めとする資源の回復・保全とその利用を可能にする営農システムの導入が必要であるが、近年注目されているアグロフォレストリーは森林保全と農地保全の両面から有効な対策と考えられている。以下はJICAの「インドネシア南スマトラ森林造成技術協力事業」の一環として実施されているアグロフォレストリー・パイロット事業の事例である。

#### (2) 南スマトラ・アグロフォレストリー・パイロット事業

本事業は国有地に不法入植し、焼畑農業に従事している住民を定着農業に移行させ、地域における造林施策の検証と森林保護を目的として実施されているものであり、事業の概要は以下の通りである。

事業地面積	435 ha
入植農家数	30戸
造林地区画	100 m x 100 m、1 ha/区画
区画数	300区画、10区画/農家
造林樹種	アルビジア・ファルカータ、ユーカリ
伐期	10年
社会インフラ整備	仮設住宅、給水施設、共同便所

同事業では農民は年間2 haの造林と2年間の保育作業が義務づけられるが、植栽当年と翌年の2年間造林地での間作が認められ、毎年2 haの農作物間作が可能となっている。また、刈り込み等の林業労働への雇用も計画されており、対象農民にとって有利な計画であると考えられていた。しかし、入植農民の定着率は低く、事業開始後の4ヵ年間（1982-1986年）で、入植農家数51戸のうち、離散農家数が32戸に達する結果となっている。また、定着農家の農外収入依存度が年々増大するという結果も招いている。本事業は造林そのもの

の成果は十分達成されていると報告されているが、地域住民の参加を計画したアグロフォレストリーの検証としては十分な成果を達成したものは考えられない。このように期待どおりの成果が上がらなかった原因として以下のような点が指摘されている。

- 自給用食糧の低生産・間作地農業の低生産→技術普及・支援の欠如
- 林業労働への従事機会の不足
- 入植者のアグロフォレストリーへの認識不足→教育・啓蒙の不徹底
- 住民の共同活動の組織化不十分・インスティテューショナル面での配慮不足

以上の指摘に対する改善についてはある程度の時間と人材が必要となるが、今後の熱帯林保全計画にとって貴重な経験となっている。

(出典：スマトラにおける林業の技術協力とアグロフォレストリー，国際農業協力，Vol. 10, No. 4)

## 5. 5. 2 生物種多様性・貴重動植物保全

### (1) 概 説

生物種の多様性は生物圏の内部で異なる種に異なる目的や機能を果たさせ、生態学的安定を維持するために重要である。1種が消滅しても生態系が全体として安定するのは、遺伝子的多様性による種の豊富さのためである。多様性が損なわれると生態系は著しく弱くなる。このことが最も明白なのは単一栽培による病虫害の多発である。

今日、生物圏の遺伝子的多様性は急速に失われつつあり、毎年1,000種、つまり1日2種以上が絶滅していると推定されている。現在、推定25,000種の植物が絶滅の危機に瀕しており、現在の消滅の割合では、2050年までに6万種の植物が失われることになる。地球がいまだかつて経験したことのない大量の生物種の消滅が地球環境及び人間の生活にどのような影響を与えるかは明らかではないが、人類の将来の選択の幅を狭めないためには多様性に富んだ生物の世界を多様なままで存続させるべきものと考えられている。

生物種の多様性・貴重動植物の保全には多様性の高い地域の保全、貴重動植物生育・生息地の保護が不可欠である。しかし、これら地域に依存している住民への影響を配慮すると単なる地域指定だけでなく利用も考えたゾーニングが必要となる。このゾーニングを導入したタイ国での国立公園管理計画及び近年注目されている途上国債務の自然保護スワッ

プの例を事例として採り上げた。

## (2) タイ国カオ・ヤイ国立公園管理計画

カオ・ヤイ国立公園はタイ中央部に位置する面積2,700 km<sup>2</sup>の、タイでは一番古く、面積最大の国立公園であり、その生物種の多様性、貴重な植生、固有動植物種の分布からASEAN遺産公園の一つに指定されている。しかし、管理不十分・周辺住民の侵入等の影響で地域の貴重な生態系の損傷が進行し、ただ単なる保全地域の設定だけでなく、地域住民への配慮に基づいたゾーニングとそれに対応した保護・管理・利用のソフト導入の必要性が認識されていた。

このような状況のもとにUSAIDの自然保護・生物多様性の保全に対する協力の一環としてカオ・ヤイ国立公園管理計画が策定され、地域住民の利用地を含む国立公園の適正な保護と利用の振興のために次のような積極的なゾーニングが導入された。

- i) 重点利用地区（地域住民による利用）
- ii) 野外レクリエーション地区
- iii) 厳正な自然保護地区（外圧に対して弱い生態系）
- iv) 特別利用地区（国立公園部、タイ観光オーソリティー以外の政府部局による利用）
- v) 植生回復地区
- vi) 原生地区（簡易な徒歩利用と科学者の研究利用のみが許される）

ゾーニングでは地域住民に持続的な収入を保証する対策とエコ・ツーリズムの導入が計画されている。エコ・ツーリズムの導入に当たって配慮された留意事項は以下のとおりである。

- i) 社会的・環境的な配慮
- ii) 地域の景観・文化・歴史及び野生生物の特質の活用
- iii) 景観と環境を尊重した小規模でかつゆるやかな開発
- iv) 地域の経済の振興と住民雇用
- v) 生態価値への留意
- vi) 自然保護とレクリエーション

vii) 既存の建造物と遺棄された土地の再利用

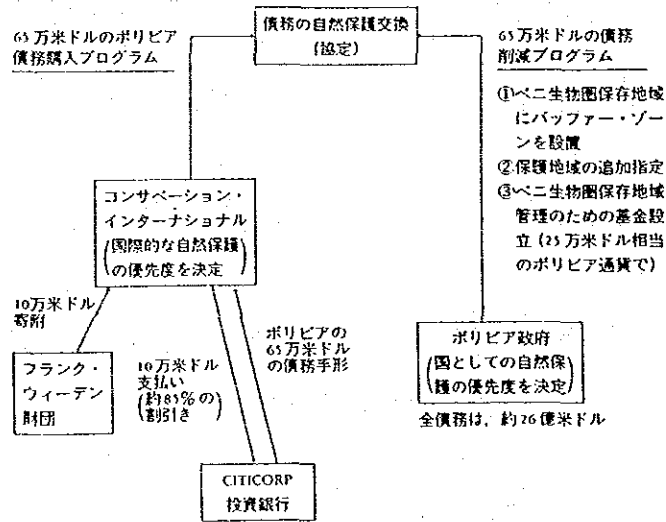
viii) 農業経済の維持、強化

ix) 公共輸送機関の利用

(3) 債務の自然保護スワップポリビア

アマゾン流域の熱帯林自然保護を目的として、アメリカの自然保護に関する法人コンサベーション・インターナショナルとポリビア政府間で締結された「債務の自然保護スワップ第一号」であり、その構図は以下の通りである。(第8章 用語集「債務・自然保護スワップ」参照)

図-5.5.1 債務の自然保護スワップ第一号の構図



注) コンサベーション・インターナショナルの資料を基に作成した。

(出典：地球規模の環境問題、大来佐武郎監修、中央法規)

## 5. 6 湿地開発の事例

### 5. 6. 1 熱帯泥炭土壌の対策

#### (1) 概 要

##### a. 世界の熱帯泥炭

世界における泥炭の多産地帯は、亜寒帯と温帯の北部であるが、湿潤熱帯はこれに次いで泥炭の埋蔵量が多い地帯である。熱帯泥炭の分布については表-5. 6. 1及び図-5. 6. 1に示す通りである。

##### b. 各地域の分布

###### イ. 東南アジア地域

###### (1) 分 布

FAO土壌図によれば東南アジアに分布する泥炭の面積は1,713万haで、全世界における泥炭の分布面積の8.2%を占めている。東南アジアは北米、極東・シベリア、ヨーロッパに次ぐ高率でこの土壌が分布している。(岡川1984)

鉍質土の供給速度が小さい島嶼部や半島部の沿岸低地(ラグーン的环境、三角州的环境)に主として分布している。特に、マレー半島、スマトラ・ボルネオ島及び西イリアンにまとまった泥炭土壌の分布が見られる。

###### (2) 特 徴

東南アジアにおける熱帯泥炭は混合湿地林からパダン林(スマトラ島など)より生成された木質貧栄養泥炭が多い。

###### (3) 開発と土地利用の現況

マレーシアに分布する泥炭地は約240万haに上るとされているが、農業的に利用されているのは、半島部の開発圧が高い地域が主体である。この地域において最も作付面積が大きい作物はパイナップルである。

インドネシアでは、スマトラ東部、カリマンタン南部、西イリアン南西部などの沿岸低地が主要河川沿いの低地に熱帯泥炭が分布している(図-5. 6. 2)。泥炭地の総面積は約16百万haに上るが、その大部分が湿地林となっており、沿岸部や河川沿いの低地の一部で水利の便の良い場所のみが利用されているのが現状である。



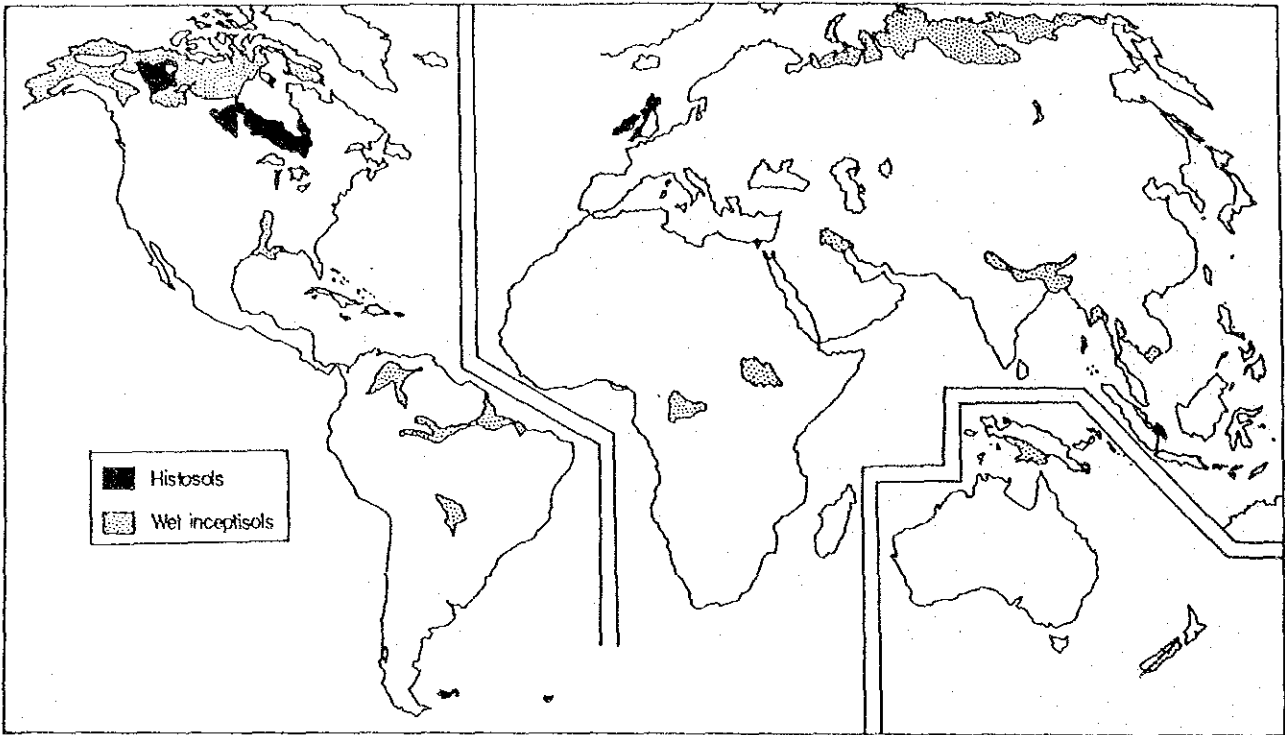
表-5. 6. 1 熱帯泥炭の分布 (久馬1984より)

地 域		熱帯泥炭 (ha)	地 域		熱帯泥炭 (ha)
	タイ	200,000		ケニヤ・ウガンダ	500,000
	ベトナム	1,500,000	ア	ザイール	1,000,000
ア	半島部マレーシア	800,000	フ	その他	1,500,000
	サラワク、サバ、ブルネイ	1,650,000	リ		~ 2,000,000
シ	カリマンタン	6,265,000	カ		3,000,000
	スマトラ	9,700,000			~ 3,500,000
ア	西イリアン	70,000		ガイアナ	500,000
	バプア	500,000	ア	ブラジル	1,000,000
	その他	1,500,000 (?)	メ	コロンビア	350,000
		22,185,000	リ	ベネズエラ	3,000,000
			カ	その他	300,000 (?)
					5,150,000

表-5. 6. 2 スマトラとカリマンタンの泥炭土壌表層の養分含有率  
(Driessen 1978, 久馬1984より)

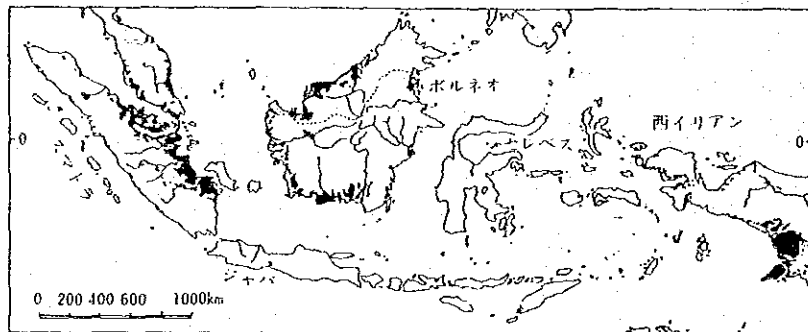
表 土	養分含量 (kg/ha)					
	P2O5	K2O	MgO	CaO	SiO2	灰分合計
西カリマンタン 混合湿地林下の深い泥炭	664	119	482	444	5,892	9,070
(0-20 cm) 同上、16年前開墾後3回作物栽培	266	128	647	1,239	1,670	6,570
同上、16回作物栽培	163	40	432	933	983	4,340
Riau 混合湿地林下のかなり深い泥炭	217	86	685	211	14,960	17,500
(0-25 cm) 同上、2年前開墾、作物無作付	229	50	965	1,612	11,870	17,180
同上、30年前開墾、永年作付	432	74	852	3,050	4,400	16,000

図-5.6.1 世界の泥炭地の分布 (Wetland Soils, IRRI, 1985)



1. Distribution of principal Histosols and wet Inceptisols (adapted from Soil Geography Unit, SCS, USDA).

図-5.6.2 マレーシアとインドネシアにおける泥炭の分布 (Polak, 1985)



海岸地域のオイルパームやドーム状の泥炭地の周辺部ではゴムが多く栽培されている。最近、泥炭の深い地域にオイルパームやケナフ園が開発されつつある。排水が可能な地域では、ココナツ、ゴム、パイナップル、ダイズ、キャッサバ、トウモロコシや野菜類等の作物が導入されつつある。

#### ロ. アフリカ地域

アフリカ地域における熱帯泥炭土壌はザイール川流域の低地に分布することが報告されている（坂口1974）が、FAO土壌図では内陸の沼沢地周辺にわずかにその分布が認められるに過ぎず、その多くが富栄養なものである。

アフリカ地域に分布する泥炭は51万haであり、全世界における泥炭の分布面積の0.2%に過ぎない。

#### ハ. 中南米地域

FAOの統計によれば、中南米に分布する泥炭は、中米で249万ha、南米では358万haで、それぞれ全世界における泥炭の分布面積の1.2及び1.7%である。

### c. 熱帯泥炭土壌の特性

#### イ. 物理性

熱帯泥炭の物理性は、基本的には亜寒帯や温帯の泥炭と共通している。容積重は、無機物含有率、分解度、充填密度によって変化し、通常 $0.05\sim 0.40\text{ g/cm}^3$ の範囲にあり、全孔隙量は分解の進んだ泥炭で75%、分解の進んでいないドーム状の泥炭の中心部分で95%にも達する。

#### ロ. 化学性

泥炭の化学性は栄養段階によって異なってくる。半島マレーシアにおける泥炭区分はCulter(1957)によると次のように要約されている。（久馬1984より）

- i) 富栄養泥炭 : 主として草本由来で無機物含有率が高く、pHは中性ないしアルカリ性である。この種類の泥炭は温帯のfen peatに相当するが、東南アジア地域には見られない。

- ii) 中栄養泥炭 : 富栄養と貧栄養泥炭の間のものであり、pHの値は5内外で、塩基に富んでいる。
- iii) 貧栄養泥炭 : 無機物含有率、特にカルシウムの含有率が低く、pHは3から3.5の値を示し、強い酸性である。

東南アジアにおける泥炭の大部分は貧栄養であり、一部に中栄養の部類に属するものがある。また、混合湿地林下に形成された泥炭を開墾、作付すると灰分含有率は急速に減少の傾向をたどっている。これに対して、周辺部の淡水湿地における泥炭は表層の灰分含有率が高いだけでなく、下層に向かってそれが急激に増加する傾向が明らかである。

熱帯泥炭地の灰分はその大部分が植生中あるいは表層土壤中にあり、開墾によって植生が除去されると急速に失われる。排水による表層に存在する泥炭の分解作用は、一時的に表土の灰分含有率を上昇させることになるが、その後急速に損耗し、貧栄養化する傾向にある。

泥炭土壤に含まれている微量元素の含有率や有効性が問題となる場合もある。

## 八、生物性

熱帯泥炭土壤における生物的特性についてはほとんどわかっていない。しかし、強酸性で過湿な条件下で有機物が蓄積した土壤であることから考えて、あまり高い生物活性は期待できない。むしろ、排水後における生物の急激な活性化の高まりと、それによる急速な酸化分解作用の方が大きな問題であると考えられる。

## 三、肥沃度特性

貧栄養性の泥炭に特有な無機養分の不足がまず大きな問題である。表-5. 6. 2に明らかなように、灰分、磷酸、カリ、珪酸などの土壤成分は初期含有率が低いばかりでなく、開墾後におけるこれらの成分の消耗が顕著である。

## ホ. 工学性

泥炭は固相率が低いいため、排水による物理的な収縮と化学的・生物学的な分解から生ずる不等沈下が大きな問題である。地温が高い熱帯では後者がより大きな問題である。開発後十年足らずで表層の泥炭が分解し、1 mを越えるような地盤沈下をもたらすことも希ではない。

支持力の不足も開墾後しばしば問題となっている。排水によって乾燥した表層の泥炭は極めて軽く支持力が低い状態である。これが不等沈下と重なると、地盤の支持力が不均一になり、根張りが不十分なこととあいまって、重い樹木を支えきれなくなる。細かい木質の泥炭層が厚い場合には、機械作業が困難になるだけでなく、樹木の倒伏が起こりやすい。

## (2) 対 策

### a. 農業開発と土地利用

#### イ. 農地造成

一般に熱帯泥炭地における地下水位は地表面と同じ高さであり、排水は泥炭地の開発において必須の対策である。久馬(1984)によれば、熱帯泥炭の排水及び農地造成に際しては、通常次に示すような留意点や対策方法がとられている。

- 1) 表層土壌の密度を高めて支持力を与え、根張りの条件を改善するためには、少なくとも熱帯泥炭の表層30cm程度まで排水しなければならない。
- 2) 植物の蒸散作用による乾燥を利用するため、予備排水の段階では植生を除去せず、2~3ヶ月後に樹木を伐採し、さらに数ヶ月放置して乾燥させた後に焼却することが必要である。
- 3) 熱帯における木質泥炭の場合には、開墾における当初の排水では、深さ1 m、間隔20~40 m程度で十分に排水することが可能である。
- 4) 熱帯泥炭地の地盤沈下は進行するので、開墾後10年程度で排水系統の再整備が必要となる。地盤沈下の状況は泥炭の性質や気候条件等によって異なるが、ド

ーム状に形成された泥炭の中央部では、通常開墾直後に60~100 cm程度、2~3年後から6 cm/年程度の沈下が起こる。

- 5) 泥炭の焼却は、無機養分を解放することを目的として行われるが、自然の酸化分解過程を加速し、地盤沈下を促進するものである。焼却によって、磷酸、カリウム、カルシウム、マグネシウム等の物質の供給は増加するが、窒素や硫黄等が損失すると共に不等沈下や構造悪化等のマイナス効果も大きいことが指摘されている。

#### ロ. 水田灌漑

水田は泥炭地の保全的利用の方法として優れた方法である。しかし、無機成分の混入が少ないため、泥炭層の厚い熱帯泥炭地における水稲作は現在のところ成功していないのが実情である。これは、泥炭の分解によって生成する水溶性ポリフェノールによると推定される不稔がその主な原因である。銅は、水溶性ポリフェノールと結合してこれを不活性化するが、一方では、これが熱帯泥炭の銅の欠乏の原因ともなっている。

Driessenらは水稲の生殖成長期の始めに短期間落水することによって、水溶性ポリフェノールを溶脱させることを推奨している。銅の施用法については表面散布や種子への施用などが試みられているが、効果を実証するような十分な証拠を得るには至っていない。

#### ハ. その他の土地利用

開墾当初の熱帯泥炭地では、トウモロコシ、キャッサバ、サツマイモ、ヤム、パイナップルや野菜類等が栽培されることが多い。開墾の当初は泥炭の無機化によって高い養分が供給されるため、比較的高い生産力が発揮されることになる。しかし、焼却灰が不均一に分布するために作物の収穫量のむらが激しい。また、開墾後2~3年で作物の収量は激減するので注意を要する。

初期の地盤沈下が収まった後、通常、ココナッツ、ゴム、アブラヤシ、コーヒー等の樹木作物が導入されている。この段階では、必要な根圏の酸素条件を充足し、泥炭における過度の収縮や分解を防ぐための排水管理と適切な施肥が重要である。また、熱帯泥炭地においては土壌の支持力維持にも注意しなければならない(表-5.6.)

表-5. 6. 3 West Selangor (マレーシア) の泥炭地において栽培可能な作物の収量  
(Mohd. Zahari Abu Bakar et al. 1982)

Crop	Variety	Yield (ton/ha)		Product
Pineapple	Singapore Spanish	40.0 a		fresh fruits
Cassava	Black Twig	49.0 a		fresh tubers
Groundnut	V13	2.2 b		shelled nuts (dry)
Soybean	S2	1.8 b		dry grain
Sweet potato	Large white	24.0 a		fresh tubers
Sorghum	E178	2.5 a		dry grain
Maize	Metro	5.3 c		dry grain
Virginia tobacco	NC95	1.0 a		flue-cured leaves
Colocasia	Keladi China	8.6 b		fresh tubers
Oil palm	DXP	20 - 25 d		fresh fruit bunches
Mulberry	Local	7.5 a		dry leaves/annum

a - Joseph et al., 1974; b - Chew, 1971; c - Kanapathy, 1972; d - Kanapathy, 1978.

表-5. 6. 4 West Selangor (マレーシア) の泥炭地における野菜の収量  
(Mohd. Zahari Abu Bakar et al. 1982)

Crop	Variety	Yield (ton/ha)		Product
		with liming	after burning b	
Tomato	Local	28.6 c	24.2	fresh fruits
Chilli	C10	18.6 c	21.0	fresh fruits
	Local	10.0 a	-	fresh fruits
Green pepper	Local	2.6 a	-	fresh fruits
Brinjal	Local	20.0 a	-	fresh fruits
Okra	Local	15.0 a	-	fresh fruits
Cucumber	Local	25.0 a	52.0	fresh fruits
Luffa	Local	26.0 a	44.0	fresh fruits
	Bitter	Local	14.3 c	60.0
Gourd				
French bean	Local	11.0 a	19.0	fresh fruits
Long bean	Local	20.0 a	19.0	fresh fruits
Cabbage	Eiyu	-	31.0	fresh fruits
	KK	26.2 c		
Cauliflower	VS Hybrid	-	9.0	fresh curds
Shallot	Indonesia	-	13.0	dry bulbs
Ginger	Local	34.0 a	16.0	fresh rhizomes
Radish	Local	20.0 a	-	fresh roots
Sengkuang	Local	6.6 a	-	fresh roots

a - Joseph et al., 1974

b - Yields recorded from Project Development trials in West Selangor

c - Experimental yields obtained at MARDI Research Station, Jalan Kebun (Siti Doya, pers. comm.)

3、5、6、4の作物別収量参照)。

## b. 熱帯泥炭地の灌漑と排水

### イ. 排水

排水は泥炭地を農業的に利用する際に不可欠な対策である。しかし、前項で要約したように、排水に伴う土壌の分解作用と土壌沈下を避けつつ、根圏の酸素レジムや支持力の維持をどのように実現するかが大きなポイントである。

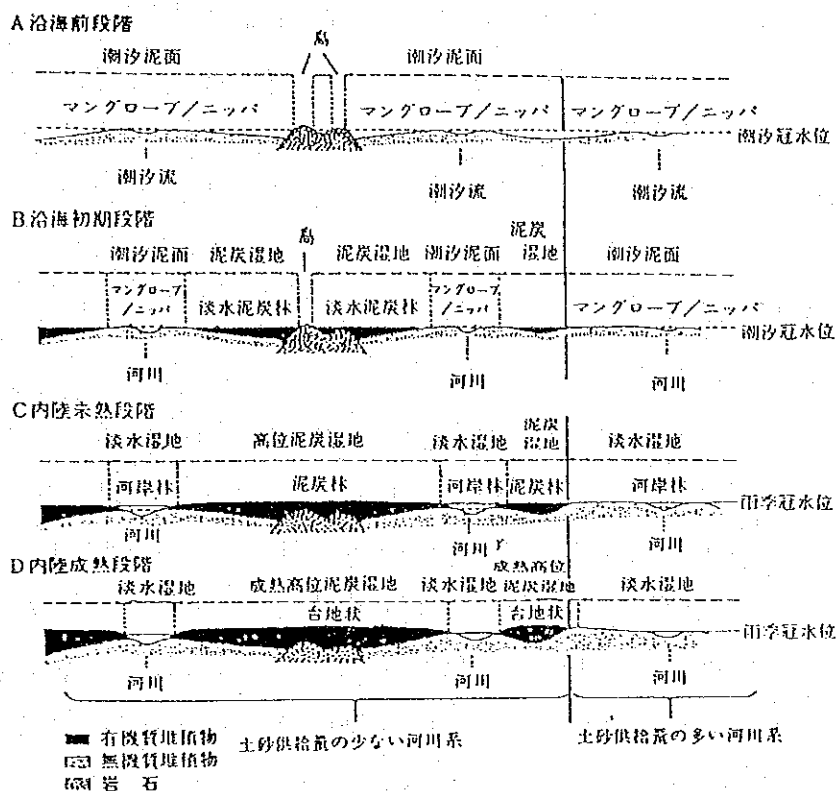
排水に伴う急激な熱帯泥炭地の地盤沈下を回避するためには、地下水位を過度(>30 cm)に下げないようにすることが重要である。北海道の泥炭地における経験では、酸素レジムの長期間にわたる悪化がない限り、地下水位は高い方が作物の生育が良好である。しかし、この条件を圃場で実現するためには、不陸のない平坦な圃場と表面排水を含む綿密な排水管理が必要となる。また、高い地下水位は泥炭の化学的な分解による無機養分の放出を抑さえるために、化学肥料による養分環境の綿密なコントロールが不可欠である。このような条件を圃場レベルで維持することは、北海道のようにマイルドな気候条件に置かれたところでもかなり困難であった。

泥炭地においては、数年単位ごとに排水系統を再整備することが、排水に伴う地盤沈下によって必要となっている。泥炭地を畑として利用している北海道北部の例では、圃場内の排水を確保するために7~10年毎に明渠排水の床上げが行われている。このような排水系統の整備の繰り返しは、究極的には泥炭層の分解が消失に至るまで続くことになる。高温であり、かつ乾湿の差が大きい熱帯地域では、年間の沈下率を地下水位以上の部位の20~30%としても、10年とか20年の短期間の間に1 m近い泥炭が消失することになる。

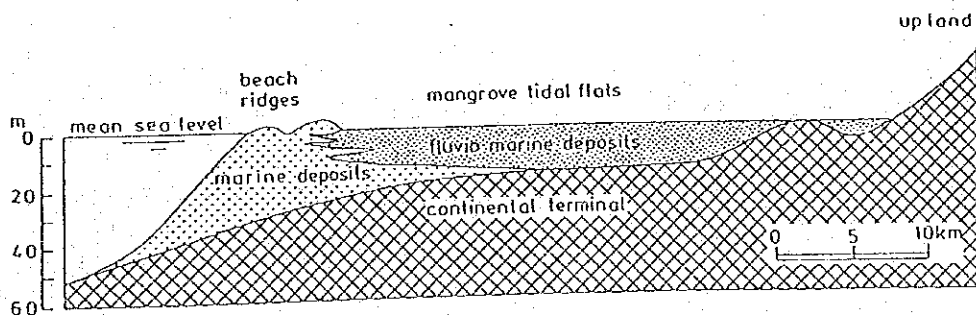
図-5. 6. 3に見られるように多くの場合、泥炭基底にある無機質土壌の表面は外水位(高潮位又は洪水位)より低いいため、自然流下による排水は遠からず不可能な状況にならざるを得ない。しかも、下層の無機質土壌には潜在的な酸性硫酸塩土壌が分布することが多いので、排水計画に当たってはこの点についても留意しなければならない。



図一 5. 6. 3 東南アジアの泥炭地の生成段階模式図 (Andriess, 1974)



図一 5. 6. 4 Mud clay堆積地の地形断面 (Senegal, Marius, 1982)



ロ. 灌漑/水稲作

泥炭層の深さが浅く、かつこれらの泥炭が分解・消失した後も灌漑・排水が容易な場合には水稲作の導入が可能となる。こうした条件に適合する土地は、泥炭層の厚さがおおむね1 m以下の土地とされているが、その面積はあまり多くないと考えられる。このような条件を満たす土地の面積は、西サラワクにおける泥炭地全体の5%以下に過ぎないと報告されている。

c. 熱帯泥炭土地地帯の土壤改良

イ. 酸性矯正

熱帯泥炭の多くはpHの値が3.5~5の強酸性を呈しており、カルシウムやマグネシウムのような成分の含有率も低いことが多い。従って、熱帯泥炭土壌には石灰資材の施用は必須条件であり、その効果も著しい。野菜類等では当初8から10 t/ha、その後1 t/ha/年の施用によって高い収量を維持できると言われている。この点においては、温帯北部に分布する泥炭地の性質とは本質的に違いはないように見受けられる。全般に熱帯泥炭が無機質養分に欠乏した土壌であるから、ドロマイトや泥灰岩等の副成分を多く含む資材の投入も効果的であろうと考えられる。

ロ. 施肥及び微量元素対策

肥料成分の作物に対する効果は、窒素とカリウムが最も高く、リン酸がこれに次ぐとされている。熱帯泥炭土壌においては、硫黄、銅、マンガン、モリブデン、鉄やほう素などの微量元素の欠乏も普通に見られる現象である。

しかし、農家のレベルでは現在のところ施肥の重要性は認識されておらず、焼却による無機養分の回収に頼っているのが現状である。

ハ. 土層改良

北海道のような大規模な泥炭地では、客土によって鉄質養分を補い、水稲を栽培することなどによって泥炭地の高度利用と保全を両立させる技術を定着させることができた。泥炭土壌に対する客土は地表面の支持力を改善するのに有効であるとともに作物根圏環境の改善に有効な対策となっている。

客土に関する課題については、東南アジアの問題土壌に関するシンポジウム (1981)

において話題になったが、コスト的に実施は不可能であるとの見解が大勢を占めた。客土の実施コストはその大部分が輸送費であり、客土材の所在と客土法によって大幅に差異がある。従って、事業のフィージビリティについては、ローカルな条件に合わせた検討が必要である。

#### d. 熱帯泥炭土壌の保全

##### イ. 土地利用の適正化

- (1) ポンプによる排水は考えにくい。
- (2) 泥炭の層厚が2 m程度以下であり、それが全て分解した後でも自然流下による排水が可能でなければならない。
- (3) 泥炭の下層に存在する鉱質土が潜在的な酸性硫酸塩土壌であっては開発は難しいものとなる。

このような条件を考慮すると、

i) 開発可能な熱帯泥炭地の面積は極めて限られたものになり、ii) 泥炭の保全を考  
えながら開発を進めるためには水稲の栽培技術を確立する必要がある。水稲による栽  
培技術が確立するまでの間には、混合湿地林内の有用樹を採取するなどの注意深い林  
業的な利用に限ることが賢明な方策である。

##### ロ. 水田造成

水稲栽培の可否は、熱帯泥炭地の大規模な開発を左右するポイントである。このた  
め、水稲栽培と水田造成が可能な地域を注意深く選択して、時間をかけて熱帯泥炭地  
の開発を進めて行かなければならない。

##### ハ. 洪水調節

すでに熱帯泥炭地の開発が進みつつある地域においては、排水位の調節によって泥  
炭の過度な分解や沈下を防止することに細心の注意を払わなければならない。

熱帯泥炭地の排水調節を可能にするためには、

- (1) 水位や泥炭の層厚に関するデータを整備し、開発可能地を明確にする。
- (2) 排水系統を整備し、水位の調節を容易にする。

- (3) 栽培や施肥体系の確立とその普及に力を注ぎ、農業生産力の低下を避けることに努める。

などの総合的な対策が必要である。

(出典：海外技術マニュアル「農地保全」、JIID)

## 5. 6. 2 酸性硫酸塩土壌の対策

### (1) 概 要

#### a. 潮間帯泥質堆積物 (Mud clay 又はチオニックフルビソル)、酸性硫酸塩土壌及び化石酸性塩土壌の特徴

干拓地においては、干陸後年次が経過するにつれて強酸性化する土壌がしばしば認められる。極端な場合には、pH 2程度まで低下し、収量が減少したり、酷いときには、作物の生育が全く不能になることがある。このような状態になった干地土壌は簡単に改良できなくなり、巨費を投じて造成した干拓地を放棄せざるを得ない状況になることがある。

干拓地の干陸直後の土壌は、青みをおびた黒色の泥質堆積物からなる。いわゆる「ヘドロ」である。内陸における土壌侵食が旺盛な地域では、沿岸部に広大なヘドロの堆積が発達する。浅い内湾的な環境やマングローブ湿地などでは、このようなヘドロの蓄積が特に盛んである。

干陸化が進むにつれて、ヘドロは表層から徐々に脱水されて地耐力が増加するとともに、収縮して土層内に空気が侵入しやすくなり、還元性物質の酸化分解が進む。多くの海水あるいは汽水の影響を受けた泥質堆積物は、この段階で強酸性化する。堆積物中の硫黄化合物が酸化されて硫酸を生成するからである。これを酸性硫酸塩土壌 (Acid sulfate soils) という。

これに対して、酸性化する前の段階にある沿岸湿地のヘドロは、その大部分が酸性硫酸塩土壌の予備軍であり、潮間帯泥質堆積物「Mud clay」と呼ばれる。還元状態に保たれた潮間帯泥質堆積物「Mud clay」は中性ないし微酸性を呈し、干陸化に伴って酸性化する。この意味で、潮間帯泥質堆積物「Mud clay」を潜在的硫酸塩酸性土壌 (potential acid sulfate soils) と呼ぶことがある。

一方、硫黄化合物に富む沿岸湿地の堆積物が、十分な脱水・酸化のプロセスを経ないままに埋没され、その後の地盤の上昇によって陸地になることがある。新第三紀から更新世にかけての地層からなる台地、丘陵地の下層に部分的に酸化したこの種の泥質堆積物が埋没されていることがある。このように、過去に形成された酸性硫酸塩土壌が化石の形で埋没しているものを化石 (fossil) 酸性硫酸塩土壌と呼ぶ。改良山成工による造成農地や建設現場の切土法面などでしばしば問題になることがある。

## b. 分 布

### 潮間帯泥質堆積物及び酸性硫酸塩土壌の世界分布

潮間帯泥質堆積物は海水の影響下で堆積するもので（図-5.6.4）、世界中の沿岸低地や干拓地に散在分布している。図-5.6.5に潮間帯泥質物 Mud clay と酸性硫酸塩土壌の分布を示す。また、世界の酸性硫酸塩土壌面積は表-5.6.5に示すように約13百万haあると推定されており、主として東及び東南アジアの低緯度地域に分布している。

酸性硫酸塩土壌の分布面積は、世界の潜在可耕地の全体面積から見ると大きなものではないが、社会・交通立地の優れた沿岸の平地に分布するために、その改良と利用が大きな問題になっている。特に、スダ海に面した東南アジアの沿岸部には酸性硫酸塩土壌がまとまった地域に分布しており、この地域の開発上重要な位置を占めている。

### 東南アジア地域

FAOの世界土壌図における潮間帯泥質堆積物の東南アジアの分布面積は、全体で446万haであり、アフリカに次いで多い。世界における潮間帯泥質堆積物のうち、38.2%がこの地域に分布している（岡川1984）。主として、タイ、マレーシア、インドネシア、ベトナムなどの沿岸部（図-5.6.5）に分布している。

### 南アジア地域

FAOの世界土壌図による潮間帯泥質堆積物の南アジアの分布面積は、194万haであり、世界の潮間帯泥質堆積物の16.6%がこの地域に分布する（岡川1984）。図-5.6.5に示すようにバングラディッシュ、インド、パキスタンの沿岸地域が主な分布地域である。

### アフリカ地域

FAO土壌図による潮間帯泥質堆積物のアフリカにおける分布面積は、509万haで、世界の潮間帯泥質堆積物に占める比率は、43.6%に達している。図-5.6.6に示すように西アフリカ南部沿岸地域（モーリタニア、セネガル、ガンビア、ギニア、シエラレオーネ、リベリア、アイボリーコースト、トーゴ、ダホメイ、ナイジェリア、カメルーン等）が主な分布地域である。

Marius (1982)によれば、Mauritania, SenegalやGambia川など、西アフリカ各地の中小河

図一5. 6. 5 潮間帯泥質堆積物 (Mud clay) 及び酸性硫酸塩土壌の分布 (Brinkman, 1982)

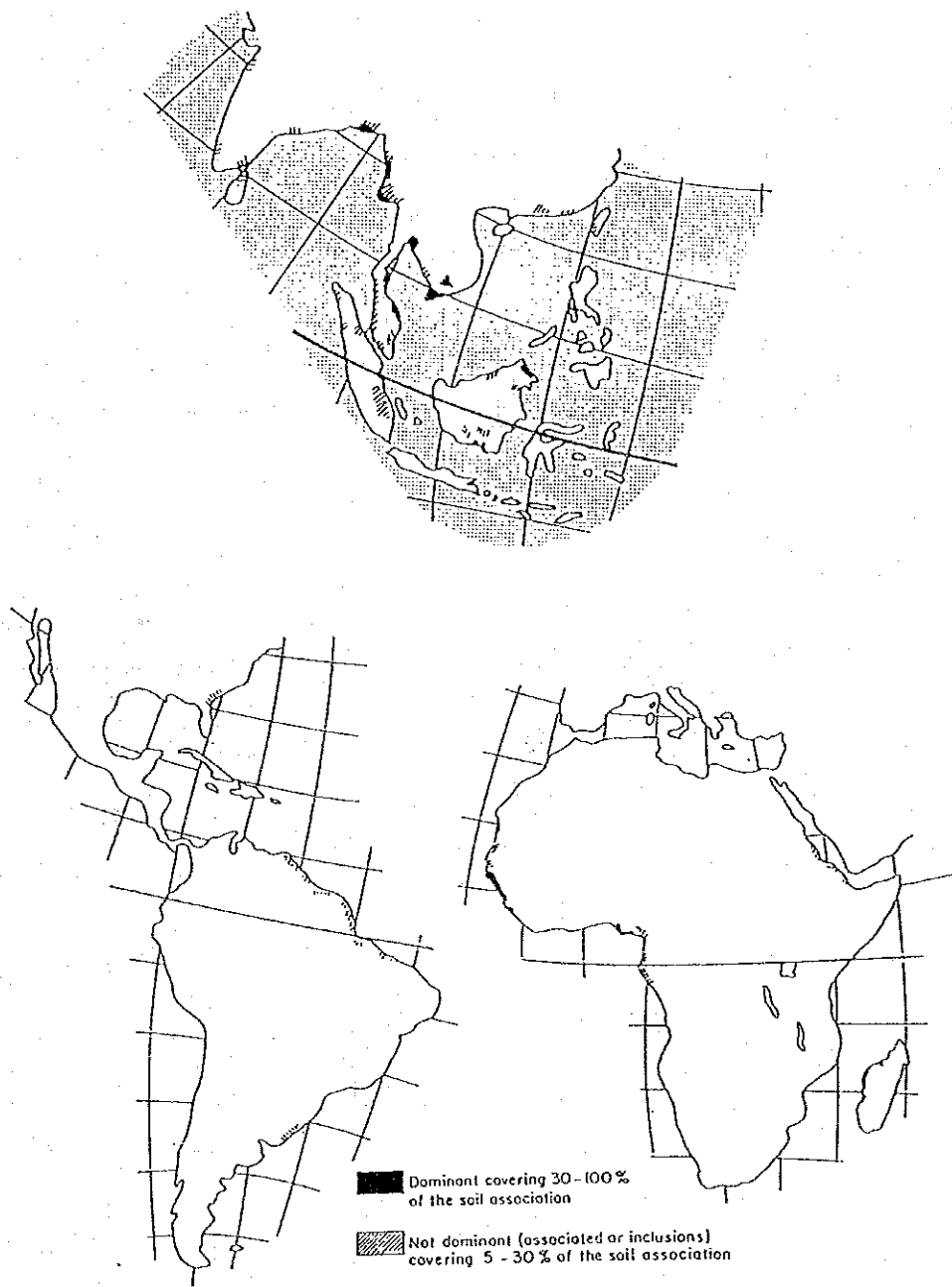


表-5.6.5 世界の酸性硫酸塩土壌の分布 (Brinkman, 1982)

Region	Length of growing periods (days)				Total
	<90	90 - 180	180 - 300	>300	
Asia and Far East	0.0	0.2	5.1	1.4	6.7
Africa	0.4	0.7	1.5	1.1	3.7
Latin America	0.0	0.1	0.8	1.2	2.1
North America	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Other regions	-	-	-	-	0.0
World total	0.4	1.0	7.4	3.7	12.6

Adapted from Beck et al. (1980), based on data from FAO/Unesco Soil map of the World. Growing period data according to FAO Agroecological Zones Project, Rome

表-5.6.8 作物の高アルミニウム耐性 (但野ら, 1982)

種名	ppm Al	文献*	種名	ppm Al	文献*
ワタ	0.3	1)	Triticale	6.0	9)
アブラナ科	0.5	2)	タマネギ	6.0	10)
オシロイ	0.5	3)	タマネギ	7.2	7)
トウモロコシ	0.7	4)	カブ	7.2	7)
トウモロコシ	0.8	5)	キュウリ	10	11)
トウモロコシ	1.5	6)	キャベツ	14	7)
ソバ	1.5	6)	インゲン	30	11)
ビート	1.8	7)	キャッサバ	30	12)
ソバ	2.3	8)	イネ	90	13)
トウモロコシ	2.3	8)	(耐性弱の陸稲)	20	14)
ニンジン	3.6	7)	クラゲ	150	15)
ユカ	6.0	9)	チ	90 でも低下なし	16)

\*文献 1) Lance and Person, 1969 ; 2) Andrew and Vanden Berg, 1973 ; 3) MacLean and Chiasson, 1966 ; 4) Vlamis, 1953 ; 5) Foy et al, 1973 ; 6) Foy and Brown, 1964 ; 7) McLean and Gilbert, 1927 ; 8) Ligon and Pierre, 1932 ; 9) Mugwira et al, 1976 ; 10) Foy et al, 1969 ; 11) 田中・早川, 1975 a ; 12) CIAT, 1979 ; 13) 相見・村上, 1964 ; 14) Howeler and Cadavid, 1976 ; 15) Nedappa, 1970 ; 16) 松田ら, 1979



図-5. 6. 6 アフリカにおける酸性硫酸塩土壌の主な分布地域 (Khouma & Toure, 1982)

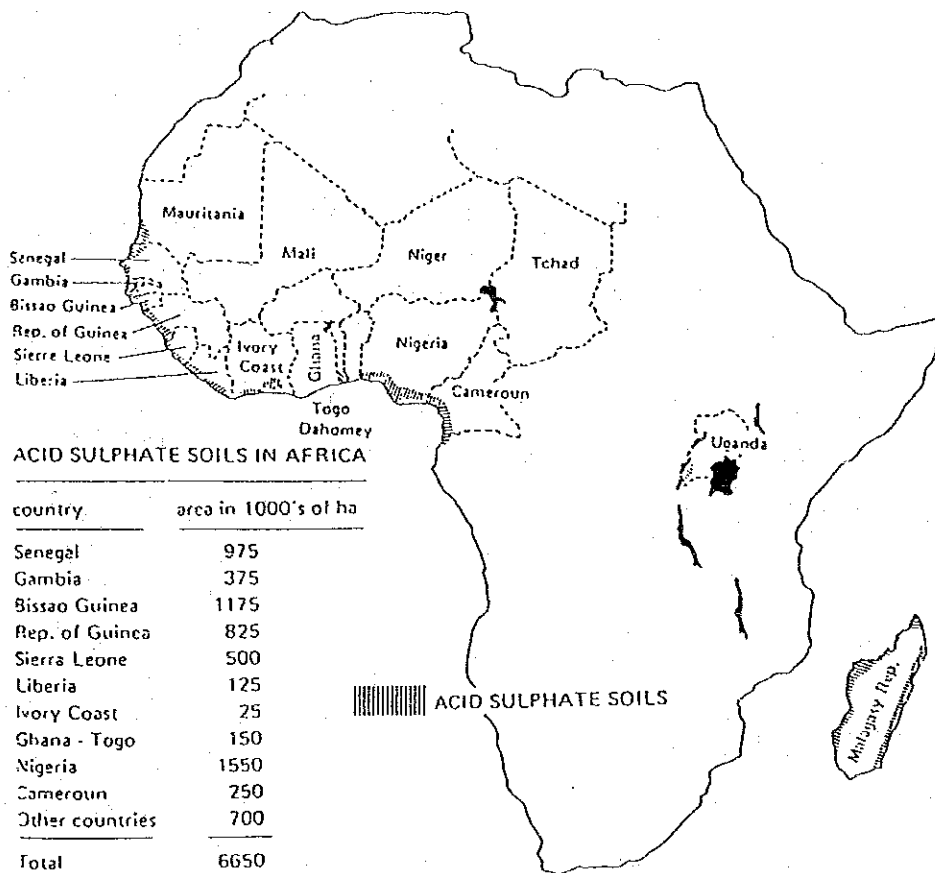
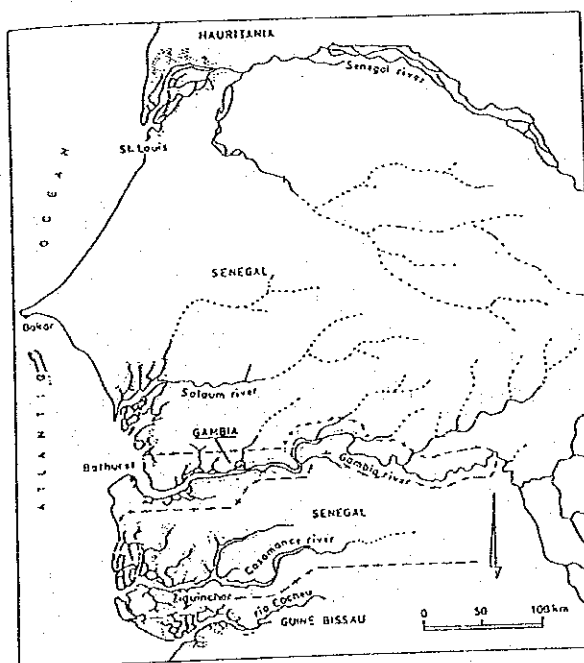


図-5. 6. 7 セネガル、ガンビアのマングロブ帯 (Marius, 1982)



川下流域には図-5. 6. 7に示すように広大なマングローブ林地帯があり、多様な植生と酸性硫酸塩土壌が生成している。図-5. 6. 8にセネガルとガンビアに分布するMud clay地質の土壌断面の発達状況と植生遷移を示す。同地域における潮間帯泥質堆積物に係る特徴の概要は次のとおりである。

マングローブ地帯の表層には薄い泥炭層を持つものが多く、表-5. 6. 6~5. 6. 7に示すように鈹質土は粘土含有率50%以上、容積重は $0.3\sim 0.6\text{g/cm}^3$ と低いのが特徴である。土壌には各種類の粗い孔隙が多く、土壌の浸透性は縦、横方向とも良好である。また、潮汐の影響がクリーク岸から数百mまで及ぶこともある。このような潮汐波の影響を受ける部分では、物理的な熟成が進んでおらず、N値の値が1から2程度(unripe and halfripe stage)に止まっていることが多い。内陸部に分布している草原では、表層40 cmのN値は0.7から1(nearly ripe stage)に達しているが、容積重は $1\text{g/cm}^3$ 以下である。

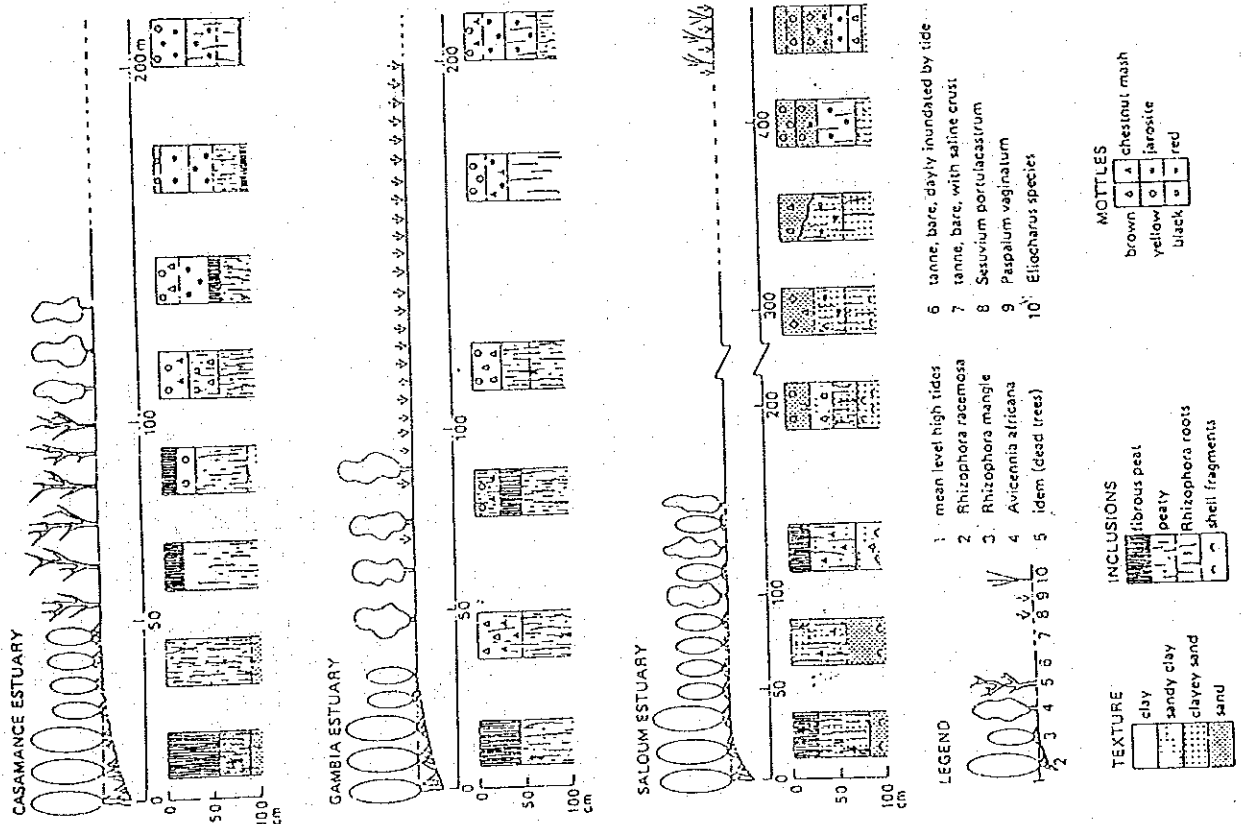
### c. 特 性

#### 物理性

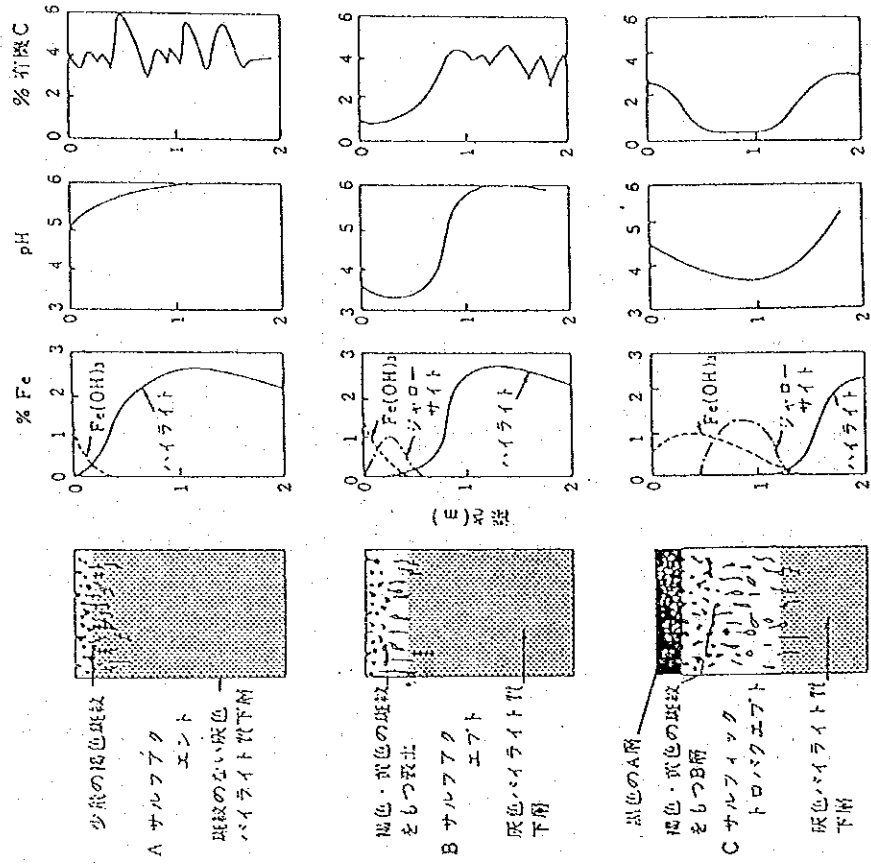
潮間帯泥質堆積物は、一般に細粒であり、強粘質である。この堆積物はその初期の段階で、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ などとその塩類に富み、均一またはルーズに凝集したヘドロ状を呈している。干陸化後の表層から次第に脱水と硬化が起り、乾燥亀裂が生成して遊離塩類の溶脱(leaching, desalinization)が進行するとともに、角塊状(blocky)又は角柱状(prismatic)の構造が発達してくる。この過程を物理的な熟成(physical ripening)過程と呼んでいる。物理的な熟成は、地表面の地耐力を増加させるとともに、人畜や作業機械が立ち入ることのできる条件を与えてくれる。また、それに続く乾燥亀裂と柱状構造の発達は、表層部の除塩と除酸を進める上で不可欠な条件である。

物理的な熟成は、一方では強酸性化を引き起こすと同時に、有機物の減少をもたらす。この結果、粘土質である潮間帯泥質堆積物の物理性、特に耕耘に関する性質は極度に悪化することになる。このため、表層の土壌は堅硬な大土塊となり、下層土は緊密になってその透水性の改善が進まなくなる。この現象は、作物栽培上も大きな問題であるが、それ以上にその後の土壌改良を進めていく上での重大な問題となる。

図一 5. 6. 8 セネガル、ガンビアのMud clay地帯の土壌断面発達と植生遷移 (Marius, 1982)



図一 5. 6. 9 酸性硫酸塩土壌の土壌断面と化学性の変化 (Breemen & Pons)



表一5. 6. 6 セネガル及びガンビアの酸性硫酸塩土壌の物理・化学性(1) (Marius, 1982)

Depth cm	Clay			Silt			Sand			Moisture Content %	Bulk density	Eh mV	Soil pH		C/N	N/g	C/g	Fulvic acid		Humic C/g	Total S %	Saturated extract		
	%	%	%	%	%	%	Fresh	dried	mg/l				mg/l	EC mS/cm				pH	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mg/l			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mg/l		
HALIC SULFHEMISTS																								
0-20	68.3	23.	1.0	285	0.3	-160	7.	2.	151	4.6	26.	17.2	1.6	4.6	4.4	40	4.4	5250	2950	2280	4.1	155	2.4	2.2
50-70	66.6	29.5	1.1	155	0.4	-180	7.	2.7	97	2.2	16.8	18.7	3.0	4.1	2.4	155	2.4	5250	2950	2280	4.1	155	2.4	2.2
100-120	64.6	25.3	1.1	130	0.5	-200	6.6	2.7	57	1.7	9.8	20.7	2.2	6.1	160	2.2	2950	2280	4.4	155	2.4	2.2	2.2	
0-20	54.3	40.8	4.4	320	0.21	-170	7.1	2.1	86	2.7	31.7	31.7	5.6	4.1	85	3.4	785	780	4.1	155	2.4	2.2	2.2	
50-70	58.6	37.2	4.2	138	0.43	-100	7.	2.4	44.4	1.6	28.1	28.1	5.9	4.1	85	3.4	785	780	4.1	155	2.4	2.2	2.2	
80-100	62.1	32.7	5.1	150	0.38	-120	7.2	3.2	28.	1.2	23.1	23.1	4.1	4.1	81	2.6	785	780	4.1	155	2.4	2.2	2.2	
HALIC SULFHEMISTS																								
0-20	70	27.2	2.8	130	0.56	-170	6.9	3.4	47.8	2.	23.9	2.68	1.82	3.1	2.6	64	3.7	2950	190	190	3.1	260	2.6	2.4
20-40	66.8	29.1	4.1	123	0.56	-180	6.6	2.5	47.	1.5	31.1	3	2.36	6.8	2.6	260	2.6	2950	190	190	3.1	260	2.6	2.4
60-80	69.6	28.1	2.3	123	0.56	-180	6.6	2.3	25.4	1.	24.7	1.88	1.8	6.2	325	2.4	2300	190	190	3.1	260	2.6	2.4	2.4
80-110	72	25.2	2.4	85	0.59	-160	6.1	3.6	46.4	2.	22.5	2	1.9	2.6	64	3.7	2950	190	190	3.1	260	2.6	2.4	2.4
0-20	64.6	31.2	4.0	85	0.59	-160	6.1	3.6	46.4	2.	22.5	2	1.9	2.6	64	3.7	2950	190	190	3.1	260	2.6	2.4	2.4
20-40	66.8	31.9	1.3	170	0.39	-200	6.1	2.5	78	2.8	27.8	4.	2.2	2.8	113	2.7	2950	190	190	3.1	260	2.6	2.4	2.4
40-60	66.5	31.7	1.8	173	0.39	-180	6.2	2.7	96	2.6	36.1	4.1	3.	6.0	118	2.5	2950	190	190	3.1	260	2.6	2.4	2.4
80-100	66.8	32.5	0.7	180	0.38	-180	6.3	2.2	37	1.7	21.4	3.6	4.1	3.1	123	2.9	2950	190	190	3.1	260	2.6	2.4	2.4
0-20	23	20	56.5	22	0.6	-160	7.	3.5	18.2	1.27	14.3	14.3	2.1	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
20-40	24	29	47.5	77	0.7	-160	7.2	2.	24.2	1.52	15.9	15.9	3.2	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
60-80	36.5	25.5	37	77	0.7	-160	7.3	2.1	40.6	2.02	20.1	20.1	3.7	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
80-100	38.6	25	36	123	0.7	-160	7.2	2.	52.6	2.75	19.1	19.1	3.3	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
SULFIC HALOGENS																								
0-20	29.7	7	63.5	127	0.6	-160	6.4	3.5	53.4	1.5	35.6	5.8	2.2	2.1	169	2.6	2950	190	190	3.1	260	2.6	2.4	2.4
40-60	27.3	8.4	64.3	108	0.7	-160	6.4	2.7	29.6	0.8	36.4	3.6	1.6	1.9	107	7.7	2950	190	190	3.1	260	2.6	2.4	2.4
80-100	34	14	52	25	1.5	-160	6.3	6.5	11.7	0.4	31.6	1.08	0.3	0.7	41	7.1	2950	190	190	3.1	260	2.6	2.4	2.4

表-5. 6. 7 セネガル及びガンビアの酸性硫酸塩土壌の物理・化学性 (2) (Marius, 1982)

Depth cm	Clay %	Silt %	Sand %	Moisture Content %	Bulk density	Eh mV	Soil pH		Air- dried	C% %	N% %	C/N	Fulvic humic acid C% C% %		Total S %	Saturated extract		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mg/l
							Fresh	EC mS/cm					pH	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mg/l				
<b>HALIC SULFATEPTS</b>																		
0-20	65	20	1.3	07	0.86	360	3.5	3.0	0.8	0.52	18.8	0.6	0.14	2.6	100	3.0	33	
20-40	63	28	2.9	42	0.91	430	3.2	3.4	1.3	0.65	20	1.05	1.38	3.8	185	3.4	70	
50-70	62	33.2	2.7	129	0.51	200	3.6	2.6	30.2	1	29	4	3.5	3.9	245	2.7	1780	
90-110	66	31.2	2.6			210	3.7	2.8	22.2	0.86	25.8	2.36	1.5	4.9	260	2.3	2070	
0-15	77.4	19.2	3.5	36	0.80	480	3.7	3.5	16	0.9	28.2			0.5	82.1	3.6	31.2	
20-40	77.6	17.8	4.5	71	0.65	580	3.5	3	3.4	0.5	15.8			2.0	80	3.4	56.6	
50-70	72.7	23.7	1.6	128	0.47	480	3.6	3.1	10	0.4	22.7			1.1			18	
80-100	72	25	4.3	137	0.45	280	3.5	3.1	13.6	0.7	20			0.7				
0-20	8.9	5.5	82.7				4	3.6	1.72	0.1	17.2				299	3.5	50	
40-60	32.5	9.8	56.6	51	0.07		3.5	3.6	7.9	0.27	23.3	5.2	4.6	3.9	281	3.1	1200	
60-80	45.4	13.2	41.4	93	0.7		3.6	2.1	26.5	0.64	41.4	4.9	2.5	4.4	365	1.5	2000	
80-100	26.3	15.9	7.8	26	1.3		3.5	2.3	3.1	0.25	12.4	4.3	1.4	2.4	275	1.7	3500	
<b>SULFIC HALOQUEPTS</b>																		
0-20						80	5.5	5.4	23	1.3	17.3	1.08	1.08	0.4	27	5.6		
20-40				60	0.96	200	5.2	5.3	13.4	0.76	17.6	0.9	1.56	0.6	35	5.4		
45-65				81	0.67	250	4.5	2.9	30.2	1.16	26	2.8	3.6	3.2	180	3.1	380	
80-100				81	0.67	-50	4.7	2.6	37.4	1.25	29.9	1.5	2.3	4.5	225	2.6	760	
0-20	54.6	24.4	21	92	0.62	230	5.6	5.4	34.8	1.7	21	1.7	0.53	0.3	55	7.1		
20-40	61.8	25.1	13.1	95	0.63	280	5.7	5.3	30	1.1	27	1.75	0.3	0.5	70	6.5		
40-60	67.4	29	3.7	146	0.45	-10	6	2.3	70	2.3	30.3	4	1.27	4.6	142	2.7	276	
80-100	52.3	33.8	13.3	143	0.44	-180	6.2	2.1	58	1.8	32	3.95	0.9	6.1	163	2.6	252	
0-20	11.6	8.5	77.5				5	5	1.6	0.12	13.7	2.85	0.35		150.4	5.8		
20-40	28.1	12	66.6	25	1.4		4.4	3.7	8.6	0.32	26.9	4.95	3.32		219	3.6		
60-80	32	12	56.2	66	0.9		4.3	2.7	14.4	0.43	33.5	5.2	1.8		274	2.2		
100-120	43.1	9.7	51.7	75	0.8		5.2	2.4	19.8	0.63	31.4	2.98	0.6		320	2.2		

## 化学性

潮間帯泥質堆積物の干陸化に伴って生ずる土壌断面と化学性の変化を図-5. 6. 9に要約している。サルファクエプト(Mud clay)からサルフィック・トロバクエプトに変化する過程で、(1)パイライト→ジャロサイト→水和酸化鉄、(2) pH (中→極低→低)、(3)表土の有機炭素含有率 (高→低→中) などの変化が平行して起こっている。

## 肥沃度特性

潮間帯泥質堆積物 (Mud clay)が有している肥沃度特性などの諸性質を次に示す。

### (1) 劣悪な物理性：

(乾燥硬化、大土塊の生成、下層の不透性など) これらの性質は、水稲にとってはあまり大きな問題にならないが、一般の畑作物にとっては致命的である。

### (2) 高塩類濃度：

開発初期の段階では、潮間帯泥質堆積物は高い遊離塩類濃度を示し、しばしば塩害を生ずることになる。灌漑水が不足する場合には顕著となる。

### (3) 強酸性：

pHの値が3.5以下に達する。pHの値はサルファクエプトの段階で最も低下する。この状態では、酸性に強い水稲でも生育が不能となる。

### (4) 高アルミニウム濃度：

強酸性化した酸性硫酸塩土壌から抽出した飽和抽出液は、しばしば1,000ppm以上の高いアルミニウムイオン( $Al^{3+}$ )濃度を示すことがある。高アルミニウムイオン濃度に対する耐性は植物によって異なっている。水耕実験の結果によれば、地上部における乾物重にして30%以上の減収をもたらすアルミニウムイオン濃度は、クランベリーで150ppm、イネでは90ppmと高いが、多くの畑作物は10ppm以下となっている。表-5. 6. 8に各作物における高アルミニウムに対する耐性を掲げている。

(5) 高鉄、マンガン濃度：

酸性化が極端に進むと、土壤溶液中の鉄濃度も上昇するが、その植物に対する害的な作用はアルミニウムに比べて一般に軽微である。マンガンについてはその毒性が予想されているが、現在のところその報告例は少ない。

(6) 低肥沃度：

強酸性化した酸性硫酸塩土壌では、塩基飽和度が極端に低下しており、磷酸の可給度も低くなっている。微量元素の欠乏も顕著であることが多い。

(2) 対 策

a. 酸性硫酸塩土壌帯の開発と土地利用

干拓／農地造成

潮間帯泥質堆積物や酸性硫酸塩土壌が分布している地帯では、潮間帯に位置するために恒常的に塩害の危険にさらされている。その開発には、まず防潮堤、防潮水門などの施設を設けて、海水の進入を制御し、さらに内水を排除することによって徐々に干陸化を行うことになる。この際、気候条件と良質な灌漑水を年間を通じて確保できるかどうか重要である。

(1) 年間を通じて雨が多く、灌漑水が得られる場合：

系統的な排水路を設けて、熟成と酸化を起こさせる。初期には、多量に得られる海水あるいは汽水を導入することによって生成した酸や $Al^{3+}$ を溶脱させる。表層30 cm程度の土壌中にパイライトがほぼ消失した後に、自然の降雨あるいは良質な灌漑水によって除塩する。

(2) 乾期が明瞭でその間の灌漑水が確保できない場合：

域外から灌漑水を導入できない場合には、排水後の酸の溶脱が困難なために土地の不毛化を招く恐れがある。このため、排水深を浅く(10~15 cm)して酸性化を防止しながら徐々に改良を進めることが必要である。

前者(1)は積極的な開発法であるが、初期投資が大きくなる。後者(2)は、開発に長時

間を要するとともに、排水管理に高度の技術が要求され、しかも安定性が低い。この観点から事業のフーズビリティについて慎重な検討が必要である。

#### 水田／水稲作

わが国の干拓地がそうであるように、良質な灌漑水が得られる地域では、積極的な排水と酸化の後、水稲を開発当初の作物として導入して多量の灌漑水により除塩や除酸作業を進めることが可能である。マレーシアのムダ川灌漑地区に見られるように、水田／水稲作における生産性はかなり高いものが期待できる。

#### その他の土地利用

東南アジアの各地では、伝統的な農法として高畝栽培が行われている。土地の一部を高く盛り上げて堆積物の酸化と生成する酸の溶脱を促進する。作物としてはイネの他、ココナツやパイナップルも導入されている。

### b. 酸性硫酸塩土地帯の灌漑と排水

#### 除 塩

潮間帯泥質堆積物に対する初期の改良は除塩が重要である。防潮堤と扉門によって海水の進入を防止することと良質な灌漑水による除塩対策が不可欠である。

#### 酸の溶脱

除塩に続いて、生成する酸の洗浄が必要となる。良質な灌漑水が多量に得られる場合には、湛水灌漑による水稲栽培が効果的である。

#### 排 水

排水は表層部の地耐力増加には不可欠な手段であるが、潮間帯泥質堆積物の場合には、酸性化を促進する要因でもある。良質な灌漑水が多量に得られない場合には、自然降雨による洗脱を期待できる場合を除いて、強度の排水は不可欠である。



c. 酸性硫酸塩土地帯の土地改良

酸性矯正

パイライトを多量に含む土壌を石灰の施用のみによって改良することは現実的ではない。例えば、パイライト含有率3%の土壌を改良しようとする場合、生成する酸の半量が溶脱されたとしても石灰の所要量は150 t/haに達するとの計算がある。多量の石灰投与は経済的に引き合わないだけでなく、輸送・散布など技術的にも問題点が残る。また、石灰の投与によるpHの上昇はパイライトの酸化分解を遅らすことも考慮しなければならない。

土壌の酸化と熟成を進め、生成した酸をある程度除去したうえで、石灰による中和を図ることが望ましい。

なお、水田では、硫酸根が土壌中に残存している間にpHを上げ過ぎると(>5)、硫酸の還元を促進し水稻の生育に悪影響を与える恐れがある。アルミニウムの害作用は、pHの値が5程度で十分に抑制することができるので、pHがこれ以上の値にならないようにすることが好ましい。

その他の土壌改良

酸性硫酸塩土壌は、単に強酸性であるだけでなく、塩基や燐酸の欠乏も著しい。土壌の酸性矯正を図るために、泥炭岩のような複合矯正材を用いて土壌改良の効果を上げている事例がある。

d. 潮間帯泥質堆積地帯及び酸性硫酸塩土地帯の土壌保全

土地利用の適正化

潮間帯泥質堆積物地帯では、排水や灌漑に大きな初期投資を必要とし、しかも改良に長期間を要する。また、灌漑水に不安がある半乾燥地では、Mud clay土壌は、投資や労力に見合う成果を得るような見通しが立てにくい。特に、前進型海岸の狭いマングローブ林は開発の対象になりにくい。

問題は河口型海岸で、広い潮間帯が発達している場合である。このような地域では、水田化による開発が多く計画されているが、除塩や除酸に必要な灌漑水が確保できるかどうか、排水が可能かどうか重要なポイントとなるのでこれらについて慎重な検討が必要である。

## 灌漑と排水管理

潮間帯泥質堆積物を有する土壌において強酸性化による不毛化を回避するためには、排水管理による酸の生成に対する制御と灌漑による生成した酸の溶脱を並行して進めなければならない。適正な灌漑排水管理は次に示す4つの条件によって規定される

- (1) 降雨の頻度と量ならびに季節的分布
- (2) 域外からの灌漑水導入の可否
- (3) 満潮時のバックアップ淡水の利用の可否
- (4) 内水排除の可能性と程度など

湿潤であり、良質な灌漑水が豊富に確保できる地域では、このような条件を充足しやすい開発方法として、水田を造成して水稻を栽培するという方法がとられていることが多い。

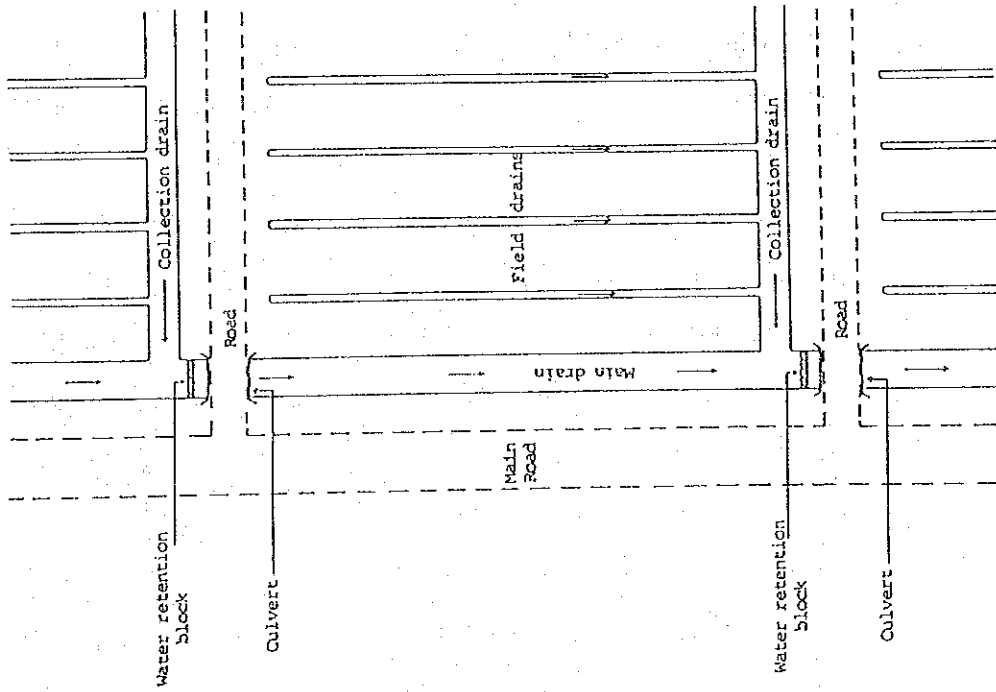
酸性化した地帯の排水路やクリークでは、低いpH値と高い硫酸アルミニウム濃度のために泥土による埋積が顕著である。排水施設の維持管理に当たっては、この点について十分、留意しなければならない。

メコンデルタに分布している酸性硫酸塩土壌地帯で行なわれている従来の土壌改良技術として"intensive shallow drainage system"がある。これは雨量が2,200～2,400 mmに達するMinh-hai地区で行われている方法であるが、その概要を次に示す。

- (1) 圃場を36×36 mに区分する。
- (2) これを9×36 mの4区画に分ける。その境に幅1 m、深さ0.3～0.6mの明渠を掘る。  
低い土地ほど明渠の幅、深さを大きくとる。また、明渠の下流側は集水明渠に接続するが、上流側は行き止まりにしておく。
- (3) 掘削排土を圃場に広げて高畝の状態にする。土塊はなるべく掘り上げたままの状態にしておき、細かく砕くことは避ける。
- (4) 2～3年毎に、水稻収穫直後に排水路を浚渫する。

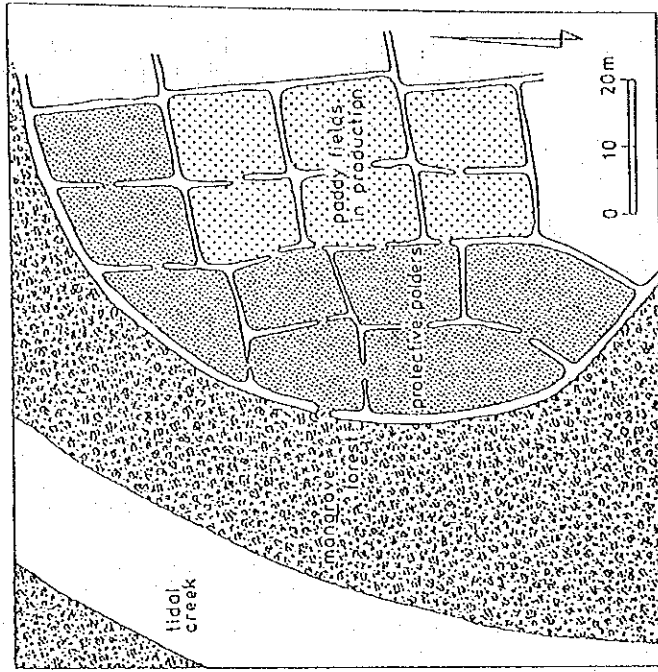
上記の方法と考え方に基づいて明渠排水と高畝栽培を組み合わせた土壌の改良方法として、図-5. 6. 10に示すような排水システムがマレーシアでも採用されている。

図一5. 6. 10 マレーシアの酸性硫酸塩土壌地帯における排水システム (Yin, 1982)



図一5. 6. 11 Casrance estuaryにおける伝統的な遠田方式

traditional rice polder (Marius, 1982)



インドネシアにおいて用いられている高畝栽培方式 (raised bed systemあるいはsarjan system) も類似の狙いを持つ改良法である。こうした地域では、潮間帯の水管理にも、コストのかかる大規模な施設を設けることは困難なため、色々なlow-cost simple technologyが、考案され (Eclaart 1982)、利用されている。

セネガルやガンビアに分布しているマングローブ地帯では、主要な土地利用は、(1) 養殖、(2) 塩田、(3) 水田などが主な土地利用形態である。潮間帯の平坦な粘土地には、小規模なボルダーが造成されており、塩田や養魚池とするのに適している。水田にする場合には、少なくとも1,500 mm/年程度の降雨が必要であるため、最近の寡雨化 (年降水量1,200 mm以下に減少) によって、水田を中心にした土地利用体系は大きな被害 (塩害、酸性害) を被っている。

同地域での水田ボルダーは次に示す手順によって造成管理されている。

- (1) 排水の掘削排土によって高さ1~1.5 m (春の最高潮位よりも20~30cm高い) 程度の堤防を築く。
- (2) この堤防には、色々な高さに扉門 (通常空洞になった樹幹、主にヤシの樹幹を用いる) を設置し、内水の排除に用いる。
- (3) 最も低い位置の扉門は、現地表面よりも低くする。
- (4) 高潮時には、繊維を粘土で固めたもの、あるいは木製のゲートによって閉鎖する。
- (5) 防潮堤閉めきり後、伐採、根株処理 (一部乾燥、焼却) し、碁盤の目状の浅い排水を掘る。また、排土を盛り上げて平らな圃場を造成する。
- (6) 湛水と排水を繰り返しながら表層土壌の除塩を行う。1ないし2シーズンの雨季の除塩によって、栽培可能な状態になる。
- (7) 栽培期間中は、必要に応じて浅い排水溝に水 (塩水のこともある) を導入して、乾燥による酸性化を防ぐ。この際、水位は圃場面より低い位置に保つ。
- (8) 造成は内陸側から進めて、順次河川に近い、低い土地に移る。

このようにすることによって、内陸側の水田、堤防に対する潮汐流による侵食及び塩類集積を防止している。伝統的な土地利用法の一例として、Casamance estuaryにおける造田方式を図-5. 6. 11に示す。この図にあるように外郭地域のマングローブ林は保安林として残している。

このような伝統的な水田造成法は、最近(1972～)の気候の乾燥化と社会環境の変化によって、現状に合わない面がでてきた。このため、近年、大規模な近代的開拓プロジェクトが進行しつつある。特にCasamance川下流のKamobeul, Guidel, Bignona, Baila, Soungrougrouなどで、支流の上流側にダムを設けて、淡水を確保し、排水・道路網を整備して、大規模な水田造成が行なわれている。これらの大規模干拓地における大きな問題は、急速な酸性化であり、所によっては、表土のpHが2.7までに低下し、作付不能になったとの報告もある。このような事態を引き起こした原因としては、酸性化の可能性を過小評価したことや、最近の乾燥化によって過度の排水が起こったことなどが挙げられる。これらの地域では、水の酸性化が進んでおり、エビなどの生物資源の枯渇や従来マングローブ地帯では見られなかった病気、赤痢 (dysentery)、住血吸虫病 (bilharziasis)、腸チフス (typhoid) が発生するようになっている。これは気候の乾燥化がその一因であるが、淡水に対する競合が増大しつつあることも大きな問題であるといえる。

(出典：海外技術マニュアル「農地保全」、JIID)

## 5.7 海岸・沿岸部

### (1) 概 説

海岸・沿岸部には砂浜・湿地・ラグーン・マングローブ林帯・珊瑚礁等の貴重な生態系が含まれることが多く、開発もたらす環境への影響については十分な配慮が必要である。一方、これら地帯は港湾施設・漁場・工業地帯・観光施設の位置する経済的にも重要な立地である場合も多く、地帯の資源開発・利用に対する分野間の競合が非常に厳しいものとなる。このため海岸・沿岸部の開発に当たっては土地利用の調整等地域開発アプローチの導入が必要と考えられる。

インドネシアでは開発の環境に与える負の影響を回避するため "ecodevelopment" あるいは "sustainable development" が課題とされており、開発に当たっては、1) 保全 (conservation)、2) 相互依存 (interdependency)、3) 多様化 (diversification)、4) 持続性 (sustainability)、5) 均衡 (equilibrium)、6) 調和 (harmony) の6原則が重視されている。本事例は上記6原則を踏まえ、地域的なecodevelopment手法に基づいて策定された沿岸部低地・沖積地・マングローブ林帯・河口部等を対象とした開発基本計画である。

### (2) 中部ジャワ州ヌサカンバンガン及びセガラ・アナカン地区地域開発基本計画

#### 1) 計画対象地区

計画対象地区は中部ジャワ州チラチャップ県南部のインド洋に隣接するヌサカンバンガン島、セガラ・アナカン水域及びマングローブ林帯からなる地域であり、地形・自然立地条件により以下の4地区に区分される。

#### a) 丘陵・山岳地

ヌサカンバンガン島は西部ジャワのリロック山塊に連なる山岳地帯で、大部分が火山噴出物で覆われた地域。島の南部には小規模ながら観光地としての開発が可能な砂丘が、河川沿いの低地には沖積平野が形成されている。

#### b) 北部海岸低地

島北部のチタンディ川堆積物・丘陵地からの崩積物から形成されている耕地としての利用が可能な低地。

c) セガラ・アナカン海岸沖積地

セガラ・アナカンを取り囲む重粘な沿岸沖積地でマングローブ林が形成されている。

d) セガラ・アナカン

チタンディ、チベレウ、チハウール川の河口部に位置する水域であるが、河川堆積物による陸地化、マングローブ林の拡大により、水域面積の減少が進んでいる。

2) 賦存する資源

a) セガラ・アナカンマングローブ林帯

セガラ・アナカンのマングローブ林帯はジャワ島最大規模のものであり、多様な生物種を含む広大な林帯である。

b) ヌサバンガン島森林

ヌサバンガン島の森林はジャワ島に現存する最後の天然熱帯低地雨林であるが、不法な伐採・耕作、石灰岩採石による破壊が部分的に進んでいる。森林には有用木のほかに固有種・希少種が生育しており、貴重な生態系が形成されている。

c) 動物種

地区のマングローブ林地は魚介類の貴重な繁殖地であり、漁業・水産養殖開発のポテンシャルも大きい。また、野鳥・野生動物の重要な生息地ともなっている。地区内の一部に分布する石灰岩地帯の洞窟には数種類の貴重な鳥が生息する。

d) 観光資源

地区にはジャワ島最後の熱帯雨林、カルスト洞窟、砂浜、マングローブ林、文化遺跡等の観光資源が存在する。

3) 環境配慮上の問題点

地区の開発に当たって特に留意すべき環境上の問題点は以下の通りである。

- セガラ・アナカンへの土砂の堆積は地区の物理的・生物的・社会経済的開発に重大な影響を与えている。

- ー 石灰岩の採石・熱帯雨林の伐採は地区生態系の破壊をもたらしている。
- ー セガラ・アナカンのマングローブ林帯の伐採・水質汚染による破壊が大規模に進んでいる。
- ー 地区の生態系についてのデータが欠如している。

#### 4) 開発計画

開発基本計画は資源の適切な利用・管理を目的とした地域開発アプローチに従い地区のゾーニング、開発の方向づけ、開発優先度の設定により策定された。ゾーニングに当たっては、利用可能資源、現況の環境条件、現況の社会・経済活動、既存インフラ及び開発6原則（保全、相互依存、多様化、持続性、均衡、調和）等が考慮されており、計画された11のゾーニング及び各々の開発の方向づけは以下のとおりである（添付図参照）。

##### ゾーン1

ヌサカンバンガン南部の火山噴出物堆積丘陵地。水文環境保全・観光等を目的とした森林保護区としての保全・利用。

##### ゾーン2

山頂・急峻な山岳地区：森林保護区としての保全

##### ゾーン3

丘陵地下部の傾斜地：観光資源としての利用を目的とした森林保護区としての保全

##### ゾーン4

北部山麓地帯：上部森林への緩衝林地としての保全・利用あるいは農業利用

##### ゾーン5

海岸沖積地：耕種・畜産・養殖地・集落・観光地区としての利用

##### ゾーン6

ヌサカンバンガン東北部マングローブ林地：マングローブ林保護区として保全





### ゾーン7

セガラ・アナカン水域内・周辺のマングローブ林・湿地：緩衝林地区として保全、観光利用

### ゾーン8

セガラ・アナカン水域内・周辺のマングローブ林・湿地：緩衝林区として保全あるいは地域住民の薪炭用材林区として利用

### ゾーン9

セガラ・アナカン水域：観光資源あるいは養殖場としての利用

### ゾーン10

ジャワ島のヌサカンバンガン島間の水路：交通・漁業・観光に利用

### ゾーン11、12

石灰岩採石地：環境への影響防止を考慮した採石地としての利用

また、開発の優先順位は以下のように設定された。

優先度1：   ゾーン 5－耕種・畜産・養殖地としての利用  
              ゾーン 4－緩衝林地としての保全・利用，農業利用  
              ゾーン10－交通路としての利用

優先度2：   ゾーン 7－マングローブ保護林区として保全  
              ゾーン 8－マングローブ緩衝林区・教育林区として利用  
              ゾーン 9－観光資源として利用

優先度3：   ゾーン 1－森林保護区として保全・観光資源として利用  
              ゾーン 2－森林保護区として保全・観光資源としての利用  
              ゾーン 3－森林保護区としての保全

ゾーン 6 - マングローブ保護林区として保全

優先度 4 : ゾーン 11 - 石灰岩採石地として利用

(出典 : Environmental Conservation in Indonesia - A Case Study of the Conservation Approach to Regional Development in Nusakambangan and Segara Anakan, Central Java, The Development of Regional Agriculture and Environmental Conservation in Southeast Asian Countries, National Institute for Research Advancement / NIRA)

## 5. 8 土壤侵食

### 5. 8. 1 概 説

#### (1) 土壤侵食の定義

土壤侵食とは、地表の流水や風の作用によって土壤が土地から流亡することをいい、自然界では、自然現象として常に発生している。自然現象として発生する土壤侵食は、自然侵食といわれ、土壤の生成作用による土壤生成をやや上回る程度の速さで、徐々に進行する。これは、正常侵食又は地質侵食ともいわれる。

一方、人間による土地利用、例えば、放牧、森林の伐採、農地の造成、焼畑などが進むと、以前と比べてその土地の土壤侵食は極めて大きくなる。このような人為が加わった土地に見られる土壤侵食は、人為侵食又は加速侵食といわれる。

土壤侵食には次に述べる水食と風食がある。

#### a. 水 食

傾斜地に強雨が発生したとき、水滴の衝撃作用により、土粒子が跳ね飛ばされたり、地表水が発生してこの水流により土粒子が地表から剥離されて、土壤が流亡する現象を水食という。

この流亡する土壤は農地の場合、特に粒子の細かいシルト、粘土分、有機物などを含むことから土壤肥沃度の低下が起り、作物収量に悪影響を与える。また畑地においてはスジ状に集まった水が次第に大きなミゾを作り（リル侵食）、これが長く、深く、広くなっていき（ガリ侵食）、短時間のうちに農地の修復が不可能な荒廃地となることがある。

#### b. 風 食

風食は強風の下で発生するものであるが、それには土地の乾湿、地表の状態などのほかに、防風施設の有無や土地管理の優劣が広く関係し、これによって風食が大きくも小さくもなる。強風下にあつて、風の衝撃力や摩擦力が地表に作用して土塊を破壊し、土粒子を転がし跳ね上げる。地上を滑動し、飛躍した土粒子は近隣の土粒子に衝突してこれを新たに転がし跳ね上げる。さらに風の揚圧力は土粒子を空中に舞上げ、土粒子は輸送される。

この風食は、水食と同様に地力を減退させると同時に、風砂が作物を破損したり、堆

積して道路、水路など施設の機能を低下させることになる。

## (2) 世界の主な土壌侵食地域

一般に水食は年間降雨量が750 mmを越える地域で、森林などの土地被覆がなくなると増大するが、乾燥地でも降雨強度が大きい場合は発生する。

一方、風食は年間降雨量が少ない250~300 mm以下の地域で、植生被覆が少ない広大な平坦地で大規模に発生している。土壌侵食の主な発生地域を図-5.8.1及び5.8.2に示す。

## (3) 世界の土壌侵食の発生要因とその状況

人間による開発行為は、たびたび土壌侵食の呼び水となっており、その展開が重大な影響を及ぼす。これは人間の行為が侵食への加速因子であることを示している。この加速侵食の原因として(1)自然植生被覆の破壊、(2)土壌の物理的・化学的・生物的性質の悪化、(3)各種農業技術に起因する表面流出水の集中等が挙げられる。

無理な耕地の拡大などがもたらす土壌の侵食は、世界中で年間230億トンにのぼると言われている。土壌流亡の多い主な国としては、インド(年間47億トン)、中国(年間33億トン)、旧ソビエト連邦(年間23億トン)、アメリカ合衆国(年間15億トン)等である。

これらの国々のほか、ネパール、インドネシア、ベルー、エチオピア、ケニア、南アフリカ共和国等も土壌流亡が著しく、世界における耕地面積の半分近くが何らかの侵食を受けている。その原因は国によって異なるが、インド、中国、ネパールなどの国々では人口増による食糧需要の増大を賄うため無理な森林伐採を行ったり、山岳地帯を切り開き、段々畑のような耕地を拡大したことである。急斜面の表土は雨で流されやすく、中国の黄河は年間16億トン、インドのガンジス川は15億トンの土砂を毎年、海に流し込んでいる。旧ソビエト連邦やアメリカ合衆国では、第二次世界対戦前においては、輪作が普通で、土壌侵食を防ぐ豆科植物が一面に生えた休閑地が多かったが、近年、食糧増産のため、侵食を受けやすいトウモロコシや小麦を連作するようになったことがこれらの地域で土壌侵食が進行している原因である。また、肥料の普及で休閑地を必要としなくなったことも土壌侵食の状況悪化に拍車をかけている。さらに大型機械導入のため、雨水保持用につくった斜面の段丘を破壊したことも土壌侵食の進行に大きな影響を与えている。養分に富んだ表土の流出は作物の生産性を低下させており、西アフリカ地域では、表土がほぼ10 cm削ら

図-5. 8. 1 世界の水食による土壌侵食の地理的分布

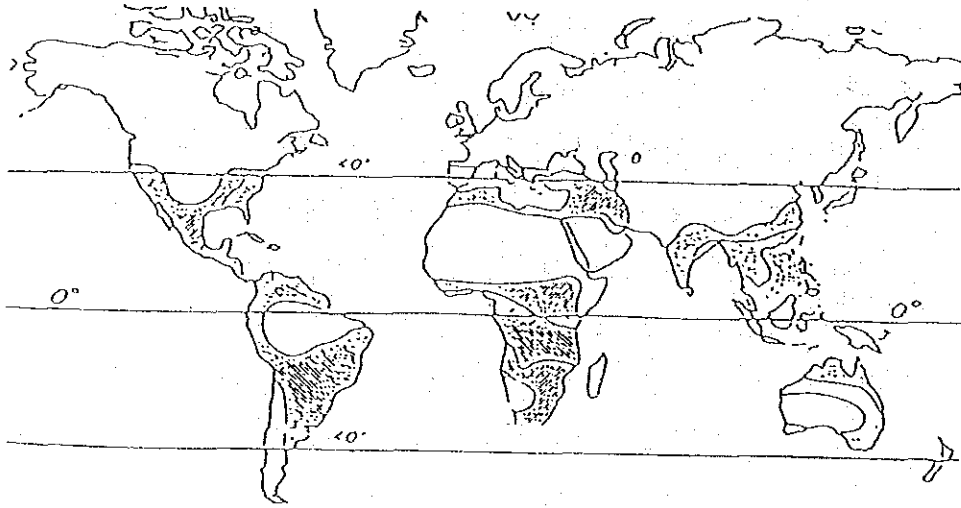
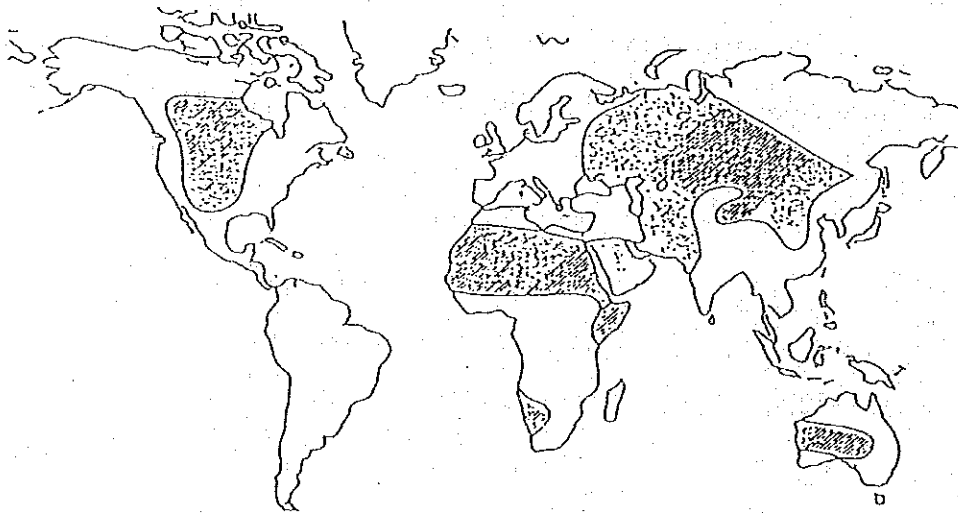


図-5. 8. 2 世界の風食による土壌侵食の地理的分布



れたためにトウモロコシの生産が52%、牛の飼料にするササゲの収量が38%も減少している。生産性を補うための肥料の投入により、農業生産コストが上昇するばかりでなく、また、食糧生産以外にも土壌侵食が及ぼす影響は大きい。例えば、土壌侵食により流亡した土砂がダムや河床に堆積し、発電や治水能力が落ちる結果となっている。

風食は、アフリカ、中近東、中国、インドの砂漠地域で大きく発生するほか、北米、南米地域の乾燥地でも発生する。非砂漠地域でも、例えばアフリカではその43%、アジアではその32%、南米ではその19%の面積が何らかの風食を受けているといわれ、合計すると地球上の陸地の約20%すなわち300万km<sup>2</sup>の面積が風食にさらされている。水食に比べて風食による土壌流亡量の推定は、未だ不明な点が多いが、例えばアメリカ合衆国では、畑地から12億トン、放牧地から6億トン、牧草地から800万トン、林地からは100万トンもの土壌が年間に失われたとされている。このような風食による土壌侵食は、アメリカ合衆国では、窒素分にして2.4 kg/haの損失に相当し、磷分としては0.6 kg/haの損失に相当すると概算されている。

#### (4) 生産量の低下

農地の侵食は、(i) 地力を低下させ、(ii) 耕地を荒廃させ、(iii) 災害激化の原因をつくり、(iv) 減収をもたらす。同じ土壌流亡量であっても表土の厚いうちと、浅くなってからとを較べると、一般に後者の方が減収曲線の勾配が急な傾向を持っている。加害の構造としては、表土が流亡することによって肥沃な部分を失うことのほかに、痩せて団粒構造の乏しい心土が現われる結果、保水力が乏しく干害を受けやすい状況となるとともに土壌微生物の活動及び繁殖も減退し、これらの要素が重なり合って作物の生育不良をきたすことが知られている。土壌侵食を放置しておく、やがては耕作を放棄せざるを得なくなる。

これらの土壌侵食と土地の劣化地域に対する開発の方策としてタイ北部地域での事例を5.8.2で紹介する。

#### (5) 水食防止対策

水食の防止には、通常の耕作過程で行なうものと構造物等を設置して行なうものがある。経営耕地の広いところでは前者の考え方が基本であるが、狭小な分散錯圃の多いところでは後者の方が重視されている。ここでは便宜的に前者を保全農法、後者を保全工法と呼ぶことにする。

通常の耕作の中で行なう保全対策（保全農法）は、図-5. 8. 3に示すようにその主たる目的から、(1) 土壌面保護、(2) 表流水のコントロール、(3) 土層改良の三つに大別できる。すなわち、面として広がった耕地に降り続ける降雨に対して、まず土壌をいかにして保護するか、次に浸透しきれない降雨が表流水となって流れる際にいかにして安全に流してやるか、あるいは、土壌への浸透を促進して表流水を少なくするにはどうするか、という様な分散的な面処理の技術であり、面対策という性格を持つ。これは、基本的には農家の知恵と工夫によって、より軽微な労務で大きな保全効果を発揮するような技術、いわゆる慣行的保全農法である。

特別な構造物を設けて行なう保全対策（保全工法）は、基本的には表流水のコントロールを意図したものであり、圃場から流れ出て次第に集中し、多量になった表流水をいかに安全に流してやるか、また表流水に運ばれた土砂が下流に流れ出さないようにいかに耕地内で捕捉するか、という様な線的あるいは点的な処理技術が中心となっている。これには図-5. 8. 3に示すように表流水を安全に流す承水路や排水路の設置、土砂を堆積させる土砂溜めや沈砂地の掘削など水食を未然に防ぐための積極的な側面とともに、既に形成されたガリの成長抑止や堆積土をリルの埋め戻しに使用するなど消極的な側面も併せもっている。保全工法は、土工や構造物が主体となるため、関係受益者も多くなるとともに経費もかさむことから、公共的な性格が強い。

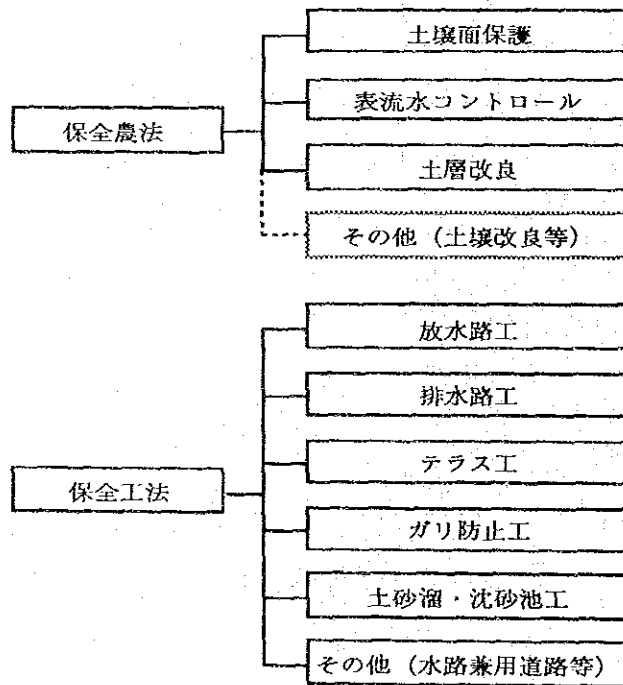


図-5. 8. 3 農地保全対策の種類



ここでは近年途上国及び国際機関などで注目されている保全農法について、その主なものの概略を記述する。

#### 1) 土壌保護

土壌面の保護対策には植被、間作・混作、マルチング栽培、収穫屑活用栽培、刈り株マルチング、不耕起栽培などがある。このうち植被による保護対策とは植被の少ない時期（例えば収穫後）と雨期が一致した場合に水食が激しくなるため栽培方法を利用したものである。例えば、耐食性の作物である多年性の作物や草地を導入したり、受蝕性の作物であるタバコ、トウモロコシ、ジャガイモなどの栽培は、収穫期と降雨が重ならないように工夫することなどである。間作・混作も考え方は植被による保護対策と同様である。また、降雨期の保護対策としては各種マルチングによる保護が効果的であり、播種期の保護対策としては、不耕起栽培（土壌の耕耘をできるだけ行わない播種法）が近年着目されている。

#### 2) 表流水のコントロール

耕地の表流水をコントロールして水食を防止する方法には畝立てと承水溝（仮設）、等高線栽培、帯状作付、グリーンベルトなどがある。

畝立てには等高線に沿う横畝と、傾斜方向に畝を立てる縦畝があるが、いずれも水食に対する長所と短所があり、湿潤地では両者の中間の斜畝が推奨されている。また、畝が溢水するとそこから水食が始まるため、適切な畝長で仮設の承水溝を設置することが重要である。

等高線栽培は前述横畝の栽培方法の一種である。

帯状作付は斜面を20～30 m間隔で区切り、耐食性の作物と受蝕性の作物を交互に作付ける方法である。

グリーンベルト（草生帯作付）は斜面を2～3 mの幅に牧草や多年草を固定して作付け、水食防止のグリーンベルトとして残す方法である。

### 3) 土層の改良対策

機械化などによる下層土の転圧に伴う透水性の低下に対する深耕や、表土層の下にある硬い粘土層や軟岩等に対する心土破碎によって土壌の根群域を広げ、透水性を改善して、圃場の保水性を高め、雨水流出と侵食を抑制する対策方法である。

## (6) 風食防止対策

風食防止対策には、防風林、防風垣、防風ネット、防風壁など防風施設を設置する方法や、灌漑による乾燥防止、客土や転圧による飛砂防止、風上に人口砂丘を作って飛砂を防止する方法がある。しかし、これらは費用がかかり、広大な地域での農耕には必ずしも適当でない場合があるため、ここでは第3の方法として、個々の農家で対応できる営農的対策についてその主なものを概略記述する。

### 1) 回避法

風食時期を避けたり、風食の多い場所を避ける作物栽培上の回避策である。

### 2) 選定法

この方法は風食地、乾燥地他、種々の気象条件下で生育可能な作物を選定栽培することによって風食を防止する方法である。例えば中国ではワタ、コウリャン、コムギ等が選定されている。

### 3) 被覆法

ワラ、雑草、ビニール、ネット、作物残渣などで被覆するマルチング法である。

### 4) 植生法

作物の間に草や小麦などを栽培して植生で覆う方法、あるいはトウモロコシやオカボの切り株を残して風食を防止する方法などがある。

### 5) 等高線栽培法

傾斜地における等高線栽培のテラスの先端に灌木や牧草を生やして風食を防止する方法。

## 6) 畝立て法、溝法

畝、畦、溝を利用して風食を防止したり飛砂を堆積させたりする方法。

(出典：海外技術マニュアル「農地保全」、JIID)

## 5. 8. 2 タイ北部地域での土壌侵食・劣化の事例

### (1) 概要

このケース・スタディはピッサヌ・アタウィロン氏がまとめた詳細なタイ北部高地の天水利用型農業地域で進行中、又は提案されている土地管理計画の経済的側面についての事例研究に基づいている。本ケース・スタディの対象地は20年以上にわたりもっぱら畑作に使用され、現在、土地の衰退に悩まされており、この土地衰退、特に土壌侵食に焦点を当て、その計画域内、域外への影響について検討されている。本スタディの主要対象地208 haは北部高地に位置し、代替案として奪取型単一栽培(exploitative monocropping)、砂防基盤整備、保全農耕(conservation farming)の3タイプの土地利用システムが比較考量されている。スタディの結果、奪取型単一栽培は望ましい方法でないこと、保全農耕システムが最大の純便益を生むことが示されている。また、本スタディは農民への新しい栽培方法普及の重要性を強調しており、タイ北部高地全域への速やかな保全農耕システムの導入を提言している。

### (2) 背景

タイ北部高地の農耕形態は天然資源を極めて荒廃させてきている。高地農業での大きな生産阻害要因は不適當な土地管理状態である。長期にわたり持続可能な作付けシステムを確立するためには、適正技術をもって技術的解決を図るばかりでなく、それらの技術普及のために社会的、経済的条件を整えることが必要である。

本スタディは、タイ・オーストラリア・世界銀行土地開発(Thai-Australia-World Bank Land Development, TAWLD)プロジェクトの名称で知られている土地開発研究プロジェクトについてのものである。

### (3) 自然環境

本スタディの対象地域を図-5. 8. 4に示す。タイ北部地帯は地理的に上北、下北の2地方から成り、低地、高地、山地の3種類の地形に大きく区分されている。低地は概して平坦か緩やかに起伏する肥沃な沖積地帯であり、高地は海拔500 mぐらいまでに連なる台地や段丘(terraces)の古い沖積層から成っている。一方、山地は海拔500~2,500 mの標高で高原台地から険しい山岳にまで及んでいる。

タイ北部地帯の土質は地形により様々である。ほとんどの高地土壌は痩せており、その土壌含水量は低く作物生産の大きな制限要素となっている。年間降雨量の90%以上が雨季にもたらされ、年間平均降雨量は、地域によりかなり幅があるが、約1,200 mmである。

土壌侵食は土地管理上の重大な問題であり、正式な調査によると北部全域のおよそ28%で侵食が見られ、そのほとんどがかなりの、あるいは極度の侵食作用を受けている。

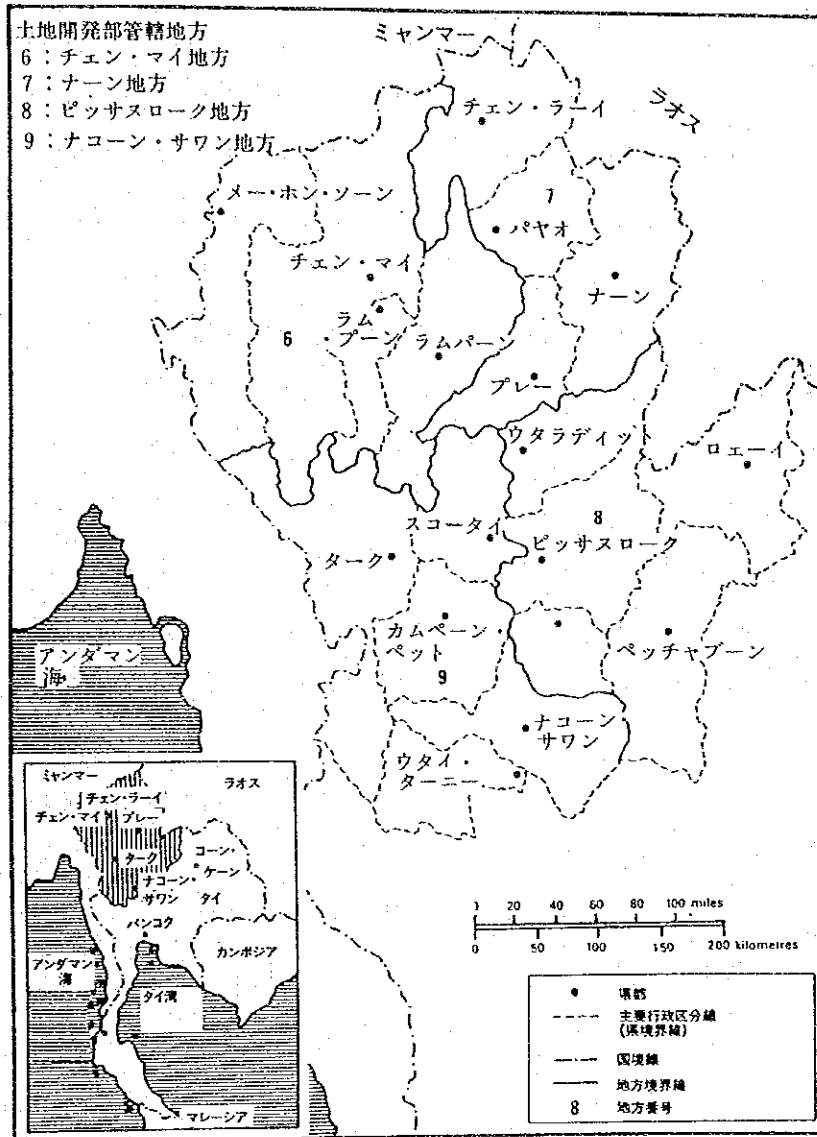
### (4) 対象地域外への環境的インパクト

伝統的農法と奪取的作付けシステムで行われてきた高地での作物生産は、ますます集約的になり、重大な侵食現象や地力の低下を引き起こしている。対象地域内での顕著な土壌の変化は、有機物の消耗と、リン、窒素、カリウム、微量元素の減少である。また、圃場試験の結果では、土地開拓・耕作に伴い土壌の仮比重が増加し、浸透率が低下することを示唆している。

以上の諸変化による複合的な影響は潜在生産力の低下をもたらしているが、その程度は一樣でなく、土壌型、栽培作物により様々であることが経験上知られている。一般に時間の経過とともに、トウモロコシよりも米の収量の低下が顕著となっているが、これは米作とトウモロコシ作間の地力消耗度の相違、米収穫量向上に対する肥料の効果が畑作物に比べて低いことを反映していると思われる。

対象地域外においても、森林資源の喪失、下流域水源での沈泥堆積などの影響が発生している。森林被害は、木材伐採、農地拡大、及び灌木休耕地再利用の結果である。下流域での堆積は、貯水容量の減少、水力発電能力の低下、排水システムの劣悪化、そしてバンコク市にまで及ぶ洪水を引き起こしているうえ、河床上昇のため浚渫作業をせざるを得ない状況をもたらしている。

図-5. 8. 4 タイ北部、TAWLDプロジェクトの調査対象地域



出典：Dixon, James and Sherinan (eds.) (刊行予定)

(5) 土地管理計画代替案

土地管理代替案の検討結果は以下のとおりである。

a. 奪取型単一栽培

タイ北部高地では20年以上にわたり、増加する土地需要を賄うため奪取農耕による高地での農地拡大が行われてきており、導入されている奪取型農耕では、普通、乾季に収穫残渣を焼いた後、機械又は人力で耕耘し、作付けされている。この栽培法は多くの時間や資材を必要としないため、平均的農家により容易に導入されているが、これらの農民は土地所有権、技術的知識、資金調達源のどれかをもっていないことから、土地を保全しようという気持にはなりにくい。このため、奪取型単一栽培が続くならば、減収を招き、土壌侵食や堆積に起因する問題を悪化させてしまうことは想像に難しくない。一部の土地はすでに荒廃が進んでおり、それらを回復させる作業は長い年月と大きな投資を必要とするであろう。

b. 長期的焼畑農耕への転換

焼畑農耕は低コストで定着した代替案であるが、土地への負担が持続的に緩和されねばならない。このためには多くの農民を移転させるか、さもなければ別の職業につかせることが必要となり、おそらく政治的にも、社会的にも、あるいは経済的にも受け入れられないであろう。

c. 砂防基盤整備

土地生産力低下には土壌侵食、地力低下という二つの要因がある。土壌の侵食を食い止めるだけでは問題の解決とはならないのであるが、この基盤整備アプローチ（すなわち、土壌保全用土木施設の建設）は砂防だけ、つまり土壌侵食の防止のみを目的として実施された代替案である。しかし、土地生産性の低下の多くは土壌の劣化に起因するものであり、土木の対策のみでは不十分であることが明らかにされた。また、土木事業には高い費用がかかるため、有効な計画の継続は世界銀行からの借入りに頼っているのが現状である。現在の借款が停止したとき、政府の当事業実施能力は大幅に低下するであろう。

#### d. 保全農耕

保全農耕システムでは、等高線式耕作、等高線式播種、带状作、侵食防止用マルチングといった土壌保全農法を取り入れるほか、緑肥、間作を用いて土壌有機物レベルの維持を図ることを目的としている。土壌が過度に衰退していないかぎり、保全農耕システム導入による地力の回復は速く、ほとんどの北部地域に適應できることが期待される。

様々な作付システムが可能であるが、土壌有機物レベルを維持・確保するため、マメ科作物を導入し、十分な有機物還元作用を持っているのでこれを組み込んだ輪作の作付パターンを考えねばならない。

### (6) 結 論

本スタディで行われた経済分析の結果によれば、タイ北部高地の農地保全のためには農地全域に保全農耕システムをできるだけ短期間で導入すべきであり、奪取型単一栽培や焼畑の規制が必要なことが明らかにされた。

砂防基盤整備は、保全農耕システムの導入を伴わないかぎり実施すべきでなく、実施する場合でも、農耕システムの初期普及率が低いと予想される地域で、侵食被害を許容レベルまで減らすのに最小限必要とされる対策だけを導入すべきである。5度未満の傾斜地での砂防施設は経済的に妥当でなく、それ以上の斜度をもつ土地でも、特に必要なケースに限って建設すべきであると判断された。

北部高地の土地保全対策としては、集約的に耕作され、地力低下が生じ、侵食の危険性が高い土地への保全農耕システム導入促進の優先、国家計画による土壌衰退・侵食問題の重視、保全作付システムや耕作活動の促進事業の実施が必要である。

このためには、保全システムの普及・導入率を高めることを目的とした促進活動を農業・協同組合省、農業普及指導部を通して早急に開始すべきであると考えられる。特に危険な状態にある農地では最小限の保全策を取るか、最も危険性のある耕作方法をやめるよう求める法律や規制が必要となっている。

(出典 : 環境はいくらか、ADB、長谷川弘、築地書館)

## 5. 9 半乾燥地、砂漠化にさらされている地域

### (1) 概 説

地球上での砂漠化の進行が注目されるようになったのは、アフリカ・サハラ砂漠南縁に位置するサヘル地域において、1968～1973年に大旱魃が発生し、10～25万人と推定される餓死者が報告されたことに始まる。砂漠化という言葉は自然現象・人為的影響による複雑な現象を総称したもので、現在でも明確な定義はなされていないが、通常は「気象の変化、人間・家畜による圧力によって生態系が退化し、土地の生産性が著しく低下する現象」と定義される。

1977年の国連砂漠化防止会議（UNLD）では世界各地の乾燥地域周辺で毎年6万km<sup>2</sup>の土地が砂漠化により失われていると報告されており、同時に発表されたWorld Map of Desertificationによれば次表に示すように乾燥地域16,655千km<sup>2</sup>、半乾燥地域17,073千km<sup>2</sup>、半湿潤地域3,911千km<sup>2</sup>、計37,639千km<sup>2</sup>が中程度の砂漠化進行地域と推定されている。

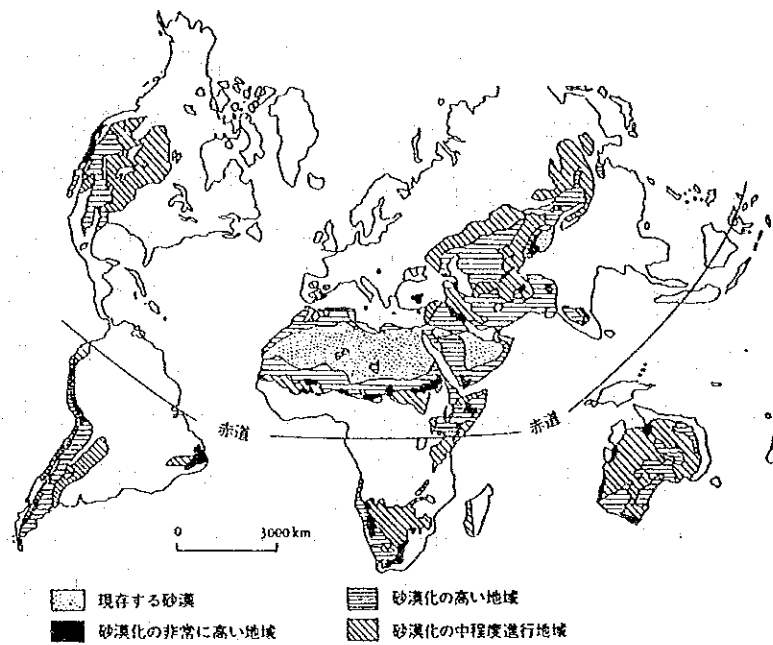
気候区別砂漠化地域

(単位：千km<sup>2</sup>)

砂漠化の程度	乾燥地	半乾燥地	半湿潤地	計
非常に高い地域	1,110	2,181	159	3,450
高い地域	13,440	2,440	579	16,459
中程度の地域	2,105	12,452	3,173	17,730
計	16,655	17,073	3,911	37,639

砂漠化地域の分布は図-5.9.1に示すように、乾燥地帯を中心にして世界各地に広がっており、これを国別にみるとその多くが開発途上国に分布する。近年これらの地域にも爆発的な人口増加が起り、これに対処するための開発が急速に進められている。水利施設、緑化、農地造成という図式に基づく食糧生産のための大規模開発が各地で実行に移され、既に完了して生産量の飛躍的な増大を見ているところも少なくない。ところが、このような大開発が乾燥地の自然環境や生態系にどのような影響をもたらすかについての評価や災害防止対策については、いまだ十分対応しうる段階には達していないのが現状である。実際各地において発生している大規模の土壌侵食や塩類集積が砂漠化の大きな原因になっている。





資料：UNCD, *World map of desertification*, UNCD, 1977, p.72.

図一 5. 9. 1 砂漠化地域分布図

砂漠化の要因は気候的要因と人為的要因（土壌侵食、塩類集積による土壌荒廃、樹木の過度の伐採、限界地域での農耕、過放牧等人口増加に起因すること）があるが、人為的影響により脆弱化された生態系が旱魃等の気候要因により不可逆的に破壊される結果である場合が多く、砂漠化の主要因は人間活動にあると考えられている。

砂漠化防止に対する国際的な取り組みはこれまでUNEP（国連環境計画）を中心に進められてきた。1977年、ケニアのナイロビで開催された「国連砂漠化会議」において砂漠化防止に関する行動計画が策定され、砂漠化防止対策を推進するための基本的な指針が示された。これに基づいて先進各国並びに各国際機関は積極的に取り組み、これまでに多くの調査が行なわれ、さらに具体的な防止対策も計画、実施されてきたが、必ずしも十分その実効が上がらず依然として砂漠化の拡大を見ているのが現状である。これには砂漠化現象そのものの複雑さとその防止に対する技術的な対応の難しさが挙げられるが、他方では社会的、政治的あるいは経済的な取り組みが不十分なことにも起因している。

一方、地域的あるいは点的には砂漠化防止に大きな成果を上げている例が数多く報告されている。本項では事例として中国における砂漠化防止策を取り上げた。

## (2) 中国における砂漠化防止策

### 1) 中国における砂漠化

中国の砂漠化地域（砂漠化危険地域・人為的要因により砂漠化した地域）は中国西北地区の新疆ウイグル自治区、青海省、甘肅省、寧夏回族自治区、陝西省、内蒙古自治区、東北地区の黒竜江省、吉林省、遼寧省、華北地区の山西・河北・河南の12省・自治区の約32.8万km<sup>2</sup>（国土面積の3.4%）、居住人口約3,500万人に及んでいる。この砂漠化地域のうち、最近50年間に形成された砂漠化地域（現代砂漠化地域）5万km<sup>2</sup>の成因別割合は、過度の開墾によるもの23%、過放牧に起因するもの29%、過度の伐採・燃料採取によるもの32%、塩害等水利用に原因するもの9%、その他7%と報告されている。この現代砂漠化地域はその気候条件に従い以下の3地区に区分されている。

#### 半湿潤砂漠地区

半湿潤気候地帯に断片的に分布する砂漠化地区で分布は限られている。気候条件がそれほど厳しくなく、土地の合理的利用・管理により砂漠化防止・生態系回復が可能と考えられている。

#### 半乾燥草原・乾燥草原砂漠地区

内蒙古自治区中央・東部地域を中心として分布する半乾燥地帯の砂漠化地域で、生態系が脆弱で各防止策の導入なしに砂漠化の進展を阻止することが困難な地区。

#### 乾燥砂漠化地区

広大な砂漠周辺の砂漠化地域で、自然条件が厳しく、砂漠化防止には大規模な技術的対策が必要な地区。

### 2) 砂漠化防止策

中国では砂漠化の強度・立地条件に対応した防止等が採用されているが、その方策は植生保護、植林・緑化、水土資源の合理的利用を基本としている。すなわち、植生の自然回復を最大限に利用しつつ、足りないところを人工的に補い、過剰開墾・過放牧をもたらない農業・畜産・林業の合理的なバランスを考慮した総合的な農業システムを導入・確立し、生態学的手法により砂漠化の傾向を阻止しようというのが中国における砂漠化に対する戦略とな

っている。

立地条件別の防止策は以下の通りである。

#### 半乾燥草原・乾燥草原砂漠化地区

既存植生の保護と砂漠化した放棄耕地の防砂植林を基本施策とし、以下のような農業システムの導入を図る。

- i) 林・牧の比重を高め、耕地防護林網を骨格とする農と林を結合した、安定性の高い農業生産システムを確立する

過度の開墾が原因となって砂漠化した土地が形成された環境退化地区に対しては、農・牧・林の結び付きの中で、林業と牧畜の比率が高くなるよう調整することにより、単一畑作農業の構造を改め、農地防護林網、叢林、人工牧草地を結合させた生産体系を確立し、地表の緑化面積を拡大し、飛砂の活動を弱める。この措置の核心は乾燥農業の限界を定め、乾燥草原の範囲内で地勢が開け、水利、土壌条件の比較的良好な河川沿いの砂地だけに耕地を限定することである。波状に起伏する緩傾斜の丘陵の頂部、波状平原の砂礫の露出する地面、地表の砂の層の厚さが80 cmをこえるような土地は、乾燥に強い喬木、灌木や多年性の牧草を植えて、それによって安定した地表を形成し、放牧地を増やし、また林業収入（薪炭林などにして）の増加を図る。

- ii) 砂丘の間の低地を利用して、人工植被を建設する

半乾燥草原及び砂漠草原地帯の既に砂漠化している地域でも砂丘の間には平坦な地形があり、地下水位も比較的高い。これら砂丘間の低地で喬木・灌木の植林と砂丘面への草生植物の植栽による人工群落の形成をはかる。形成される人工植被は薪炭林の供給源ともなり、燃料木の過伐による砂漠化進展の防止ともなる。

- iii) 草地へ家畜の圧力をへらし、人工粗飼料基地を造成する

天然草地の退化を防止することは当面の急務であり、自然条件と生産力に応じた草地の家畜収容能力を決定し、その限界以上の家畜飼養を規制する。また、河川・湖沼沿岸の自然草地を改良し、粗飼料生産基地を造成する。自然草地内での植林・飼料木導入も有効な燃料提供・飼料補給対策となる。

## 乾燥砂漠化地域

乾燥砂漠化地区では水土資源の合理的利用と保全策の確立を基本とする。

- i) 流域内エコシステムのバランスの保持、調整に着眼し、内陸河川流域別に総合計画を立て、上・中・下流の合理的な水の分配と農・林・牧三者の構成を調整することが砂漠化防止の基本である。

砂漠地帯では一般に河川下流部の扇状地の扇端やデルタ前縁では地下水位が高く、長期的農業利用は土壤塩害化を生じやすいが、天然植被は水を吸って却って良好な草地を形成する。従って扇端やデルタ前縁では農業を主とする生産方向を改め、草地面積を拡大し、牧畜業を振興するとともに、天然植生の更新を図る。

- ii) 固砂植物を植栽して、人工的に砂丘を固定し、砂漠化の改良を図る

オアシス周縁の砂丘が侵入して農地に危険の及んでいる地区、草の生えない流動砂丘では耐乾性で砂質を好む植物による人工植被の形成を図る。

- iii) 砂漠（荒漠）地帯のオアシスはゴビの砂漠に包囲されており、風砂や流動砂丘の侵入の危険にさらされている。故に砂漠（ゴビ）と連なる場所に防砂育草帯を、オアシスの辺縁に防砂林帯を、そしてオアシス内部に農地防護林網を建設し、これらが結び付いた多帯式防護体系（下図）を作ることが風砂の害をなくするための重要措置である。防砂林帯を喬木と灌木を結び付ける重層構造にすると、砂害をより速く、より効果的に制圧できる。

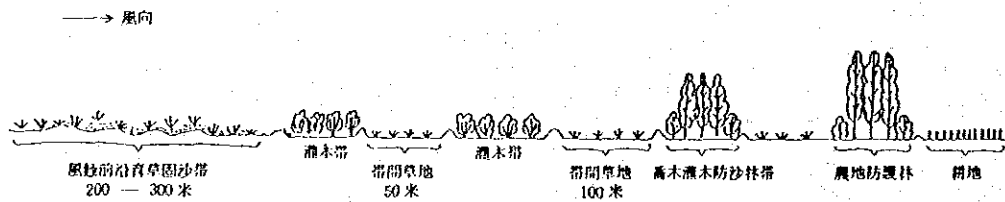


図 5. 9. 2 多帯式防風・防砂林帯断面図

(出典：中国における砂漠化の現況と防治策，国際農林業協力，Vol. 9, No. 3)

## 5. 10 塩害・ウォーターロギング

### (1) 概 説

国連環境計画 (UNEP) の報告によれば、世界の灌漑地約220万km<sup>2</sup>の30~80 %がある程度の塩害・ウォーターロギング (湛水) の影響を受けていると推定されている。特に、被害の大きい地域は乾燥・半乾燥地域であり、重大な被害が報告されている国は以下の通りである。

パキスタン： 灌漑されている15万km<sup>2</sup>のうち10万km<sup>2</sup>は塩害か湛水あるいはその両方の被害を受けている。推定年間400km<sup>2</sup>、1日1km<sup>2</sup>が湛水と塩害で失われている。

エジプト： USAIDが1976年に行なった調査では、1万7,000 km<sup>2</sup>以上が極度の塩害のために放棄されている。FAO (国連食糧農業機構) によれば、エジプトの農地の90 %が湛水の害を受け、そのうちの35 %が塩害の問題を抱えている。

イラク： 灌漑されている3万6,000 km<sup>2</sup>の50 %以上が塩害と湛水の害を受けている。

インド： 塩害と湛水によって荒廃している土地の広さは6万km<sup>2</sup>から10万km<sup>2</sup>と推定されている。

このように塩害・湛水の防止及び被害地の改良は、乾燥・半乾燥地域を中心とした世界の農業開発上の非常に重大な課題となっている。塩害・湛水の防止策としては、(1) 適正な灌漑・水管理、(2) 適切な排水、(3) 除塩、(4) 用排水路の整備・管理、(5) 節水灌漑、(6) 除塩期間を考慮した作付体系の導入、(7) 地下水位の上昇防止、(8) 土壤透水性の維持を考慮した土壤管理、(9) 良質な灌漑水の利用、(10) マルチ等による土壤表面からの水分蒸発の抑制等が実施されている。以上のように防止策の基本は土壤中への塩類の集積をもたらす作用の排除と蓄積した塩類の洗脱及び湛水の防止にある。一方、塩害改良の原則は、(1) 排水改良、(2) 地下水位低下、(3) 除塩、(4) 化学物質投入による可溶性塩類の不溶化、(5) 土壤透水性の改善であり、工学的・農学的に種々の対策が実施されている。改良に当たっては通常、これら対策の複合的な実施が不可欠であり、土壤特性、集積している塩類の濃度・分布状況・種類に対応した施策が必要となる。ここでは、事例として中国河南省における塩害アルカリ土地帯の複合的施策による改良例をとり上げた。

## (2) 河南省における塩類アルカリ土地帯の改良

### 一排水、灌漑、均平、施肥の総合的施策による塩類アルカリ土地帯の改良一

河南省では広大な塩類アルカリ土地帯が分布し農業政策の拡大を阻害していたが、その総合的な改良策についての長年にわたる調査研究に基づき、「排灌平肥の総合的施策（排水・灌漑・均平・施肥）」が導入され、1977年までに約60万haの塩類アルカリ土地帯が改良されたと報告されている。本事例は河南省新郷県洪門人民公社での塩類アルカリ土地帯改良の例である。

#### 1) 対象地区の概要

地区は年雨量600 mm、年蒸発量1,500 mmの半湿潤乾燥地帯に属し、その大部分は旧黄河の後背低地であり、部分的に小起伏に富んだ地形を呈する。地下水位は非灌漑期1.5 m、水稻作付期0.5~0.8 mで、地下水の塩分濃度は1,000~5,000 ppm程度である。土壌は黄河堆積物に由来する沖積土で、長年にわたる塩類集積の結果塩類土、塩類アルカリ土、アルカリ土が形成されていた。

#### 2) 改良策

この地区での「排灌平肥」の総合的施策は1964年から実施され、土壌・地下水塩分濃度の低下、地下水位低下、作物収量の増加の著しい効果が得られている。導入された改良策の概要は以下の通りである。

##### 排水改良

幹支線排水路は、5年に1回程度の氾濫を排除する設計断面とし、排水路の深さはアルカリ化を防止するため通年にわたり地下水を排除できるように、また小排水路は湛水排除、アルカリ改良、閉塞防止の要求を満足させるように設計された。排水路の概要は以下の通りである。

	深 さ (m)	間 隔 (m)	排水面積 (ha)
幹線排水路	3~4	-	> 6,700
一次支線排水路	2.5	-	> 670
二次支線排水路	2.0	500~700	> 67
三次支線排水路	1.5	300	6.7~13.4
圃場排水路	0.5~1.0	50~100	> 0.7

調査によれば、幹線の片側200~300 mの範囲内の地下水位は通年2 m以下に規制され、土壌は徹底的に脱塩され、500~600 mの範囲内では、土壌塩分が顕著に軽減し、元来全面的に出現していた含塩アルカリ地がアルカリスポットと呼ぶ点的な地域を残すのみとなった。圃場での排水効果も明らかで、降雨後の地下水降下速度は無排水地区に比べ53 %の増加となった。

### 除 塩

地区では毎年春期（2~3月）に一度大量の水で塩類を洗滌しているが、1965年に実施した除塩の結果、灌水量1,500~1,800 m<sup>3</sup>/haでは、脱塩の土壌深度が浅く主として作土層が脱塩され、灌水量2,400~3,000 m<sup>3</sup>/haでは、作土の脱塩率は31.6~72.5 %、深さ1 mまでの土層の脱塩率は31.9~48.5 %であり、大量の除塩灌漑でその塩類集積状況が著しく改良されることを示している。

毎年の大量の脱塩用水による塩類洗滌の結果、1972年6月には灌漑水洗滌前の1964年同期に比べ、土壌脱塩率は作土層（0~20 cm）26.7~78.1 %、1 m土層（0~100 cm）が7.5~64.5 %となった。

除塩灌漑による土壌塩分の変化量

採土地点	I <sub>17</sub>		II <sub>5</sub>		I <sub>6</sub>		501	
	0~20	0~100	0~20	0~100	0~20	0~100	0~20	0~100
推定年次 土層区分(cm)								
1964年（灌漑前）	0.371	0.244	1.324	0.631	1.053	0.401	0.724	0.333
1972年（除塩灌漑8年後）	0.167	0.142	0.345	0.468	0.277	0.142	0.531	0.308
脱塩率（%）	55.0	41.7	78.1	25.7	73.5	64.5	26.7	7.5

### 土地の均平

土地の均平は土壌からの脱塩をはやめ、塩分の表層集積を防ぐ重要な措置で、耕地の均一な除塩をはかり、安定多収の耕地を造成する基礎である。

### 有機質肥料の施与

土壌を肥培することはアルカリ改良効果を高め、収量を向上するのに必要な措置である。1964年の調査では、洪門公社の含塩アルカリ地の土壌肥沃度は極めて低く、中、重度アルカ

り化土では有機質含量0.4~0.6%、全窒素含有量0.03~0.04%、塩化-アルカリ化土ではさらに低く、有機質はわずか0.3~0.5%、全窒素0.025~0.045%であり、これがこの地区における過去の低い収穫の原因の一つとなっていた。

この地区では排・灌・平の実施とともに有機質肥料の施与に努めたが、その結果生産性の高い畑土壌の有機質含量1%、全窒素含量0.1%、中位畑のそれは0.7%、0.08%に上昇した。

以上のように対象地区での塩類アルカリ土の改良と生産性向上は、排水改良による地下水位の低下・土地排水性の改良、土地の均平と十分な除塩、有機物施与による土壌肥沃度・土壌透水性の改善の総合的施策により達成されたものと判断される。

(出典：河南省におけるアルカリ土壌地帯の改良例，中国の土地改良，JIID)



## 5. 1 1 農業による影響

### 5. 1 1. 1 農業による生態系への影響

#### (1) 農業散布が生態系に与える影響

高い生産性を追求する農業は、生態学的に見れば、自然の生態系を変化させ、その状態に押しとどめようとする人為的営みといえる。高い生産性を維持するため、有害生物を防除する目的で施用される農薬は、それが施用される生態系に属する生物に対して負の影響を与える。農薬の施用が生物に与える影響には直接的影響と間接的影響があるが、その概要は次のとおりである。

#### 1) 直接的影響

農業散布は対象病害虫を殺すのみならず、殺生物剤としての性質上、防除対象以外の他の生物にもしばしば大きな影響を与える。果樹園での訪花昆虫の減少はよく知られた例であり、また塩素系殺虫剤特にエンドリン、また植物性殺虫剤のロテノンが高い魚毒性を持つこともよく知られている。

#### 2) 間接的影響

##### (a) 二次的影響

ある動物が、殺虫剤を体内に持っている生物を食べることによって死亡する場合があります。このように被毒している餌生物を食べてもまもなく影響が現われる場合を二次中毒という。これは、有機塩素剤や一部の有機リン系殺虫剤、あるいは殺鼠剤などで見られる。このような二次的影響は陸生動物において現われやすい。

##### (b) 食物連鎖中毒

二次的影響と同様間接的であるが、さらに遅れて影響が現われる場合である。動物が、殺虫剤を体内に持っている餌生物を食べても死なないうで、次にその動物を食べた他の動物がその殺虫剤のために死亡することがある。この場合、その中間の動物種は、それを食べる捕食者を死亡させる濃度まで体内で殺虫剤を濃縮することになる。このような現象は主に有機塩素剤や有機水銀剤で見られるが、食物連鎖の上位の種類では、一般に濃縮の度合いは高くなる。従って、下位の種よりは上位の捕食者の方がその危険が大きい。イングランド、オランダ、米国などでノスリ、ハヤブサ、ハイタカなど

の猛禽類が激減したが、これは殺虫剤、特に有機塩素剤を体内に持った餌生物を食べたためであるとされている。

(c) 食餌種の減少

除草剤散布によってある種類の雑草が減少すると、その雑草を餌とする昆虫が影響を受け、次いで、その草食昆虫の天敵が影響を受ける場合がある。しかし、全ての種類の昆虫に非常に高い毒性を有する殺虫剤は少ないので寄主範囲の広い天敵では殺虫剤によるこのような間接的影響は小さいと考えられる。

(d) 生息場所を提供する種の減少

植物は、昆虫その他の動物の食物となるばかりでなく、生息場所でもある。除草剤の施用は、そのような生息場所を破壊することによって、昆虫や動物に影響を与えることになる。

(e) 競争種の除去

生物は、生活要求を同じくする他の種類の生物と競争する結果、自己の種の個体数が制限されることになる。除草剤を使用したために、ある種類の植物がかえって増加したという報告、ある土壌病害の防除を目的として殺菌剤処理をすると、他の土壌病害が増えたという報告はかなりある。このような影響によって、甚だしい場合には、一つの種が事実上他種におきかわってしまうことがある。

(f) 捕食者の除去

殺虫剤の散布後に害虫の発生がかえって増大したという報告は非常に多い。その原因について、理論的には次のことが考えられる。

- i) 害虫の増殖に与える殺虫剤の刺激効果
- ii) 害虫の食餌植物に与える殺虫剤の刺激効果
- iii) 競争種の減少
- iv) 天敵の減少

天敵の減少が殺虫剤散布後に見られる害虫発生の増大の原因であるという報告は非常に多い。また、殺虫剤の使用によって、防除対象でなかった他の種類の害虫（防除前は経済的重要度の低い種類のことも多い）の発生が多くなったという場合も多い。

次に示すように農薬使用の影響は生態系に対して直接的・間接的な影響をもたらし、次に示すように、生態系を構成する種間の平衡関係の破壊・生物相の変化・生息密度の変動幅の増大等次のような影響を生態系にもたらす。

(a) 生物相の貧困化

生態系は、一般に豊富な種類相から構成されているが、殺虫剤散布が行なわれるようになると、種類数は減少し、少数の種類が非常に高くなる傾向があり、生物相の貧困化をもたらす。殺虫剤に対する感受性は、生物の種によって異なる。殺虫剤には種特異性という特性ももちろんあるが、一般には、小型の昆虫は大型の昆虫より殺虫剤に対する感受性は高い。寄生性の天敵昆虫は、一般に非常に小型であるために、害虫防除のために散布された殺虫剤の影響を最も多く受けやすい。生物相の貧困化は生態系の脆弱化・緩衝能力の低下につながる。

(b) 生物相の変化

農薬（殺虫剤）の使用による寄生性あるいは捕食性の天敵の減少、競争種の除去等により、生態系内の各種生物間の平衡関係が破壊され、生物相の変化がもたらされる。

(c) 生態系の生産量に及ぼす影響

生物相の変化・貧困化に伴う生物生産量の変化が必然的にもたらされる。一度攪乱を受けた生態系の回復には長期間の年月が必要となる。

(2) 影響緩和策

農薬使用の生態系への影響の緩和策には、1) 環境に優しい農薬の施用、2) 病害虫の生態的防除、3) 散布技術・製剤法の改善及び4) それらの総合的利用が考慮されなければならない。

## 1) 環境に優しい農薬の施用

農薬使用による生態系の破壊・環境汚染を防止するためには、使用する農薬自体の安全性が非常に重要な要因となる。すなわち散布対象となる目的物以外に対して作用性となるべく小さい安全性の高い農薬の開発・利用が求められる。現在開発段階にあるものも含め、このような農薬には制御剤・生物農薬が上げられる。

制御剤は従来の化学農薬とは異なる作用形式を有するもので、害虫、病原菌の発生・生育・行動等を制御することにより、防除しようとする農薬であり、性フェロモン剤・化学不妊剤がある。

生物農薬は天敵昆虫・天敵微生物・拮抗微生物等を積極的に利用して従来の化学農薬と同じような形態で散布あるいは放飼し、病害虫等を防除しようとするものである。このような農薬にはクワエナカイガラヤドリバチを利用した天敵昆虫剤、細菌製剤、ウイルス製剤が害虫防除用生物農薬として、トリコデルマ生菌製剤が病害防除用農薬として開発されている。しかし、生物農薬では大量生産・品質管理・使用方法等まだ解決すべき問題も多い。

## 2) 生態的防除

生態的防除には、1)生物的防除、2)物理的防除、3)栽培的防除、4)育種的防除が考えられる。

生物的防除には生物間の食物連鎖や生存競争等の生物の活動を利用した防除法で、天敵の利用、不妊化虫の利用、劣性遺伝形質の利用がある。物理的防除には誘蛾灯、人力による防虫捕獲・罹病株の除去・除草等がある。栽培的防除には作付体系の転換、輪作、混作、作期の調節等が考えられる。育種的防除は抵抗性品種の育成による病害虫の防除法である。

## 3) 散布技術・製剤法の改善

農薬による環境汚染は通常、1) 散布農薬のドリフト（漂流飛散）、2) 大気中への拡散、3) 雨水・灌漑水による環境中への拡散によりもたらされている。これらの環境汚染は散布技術・製剤法の改善により対策を講ずるべき問題である。この面での技術的な対応策として、粉剤の粒径調節、微粒剤の開発、微量散布技術、泡散布、水分蒸発抑制剤の利用がある。

#### 4) 総合的防除

農業使用による生態系への負の影響をできる限り小さくした持続的な農業生産を図るためには、以上のような安全性の高い化学農薬や生物農薬、さらにその他の有効な種々の防除手段のそれぞれの長所を生かし、それらを総合的に利用し、病害虫、雑草などによる被害を経済的な許容限界（経済的被害水準）以内に抑さえるような生態系を、作物を中心として作り上げることが必要である。いわゆる総合防除の考え方である。

総合防除は単なる種々の防除技術の寄せ集めではなく、それを有機的に体系付け、一つの防除システムとして、有害生物の数を適当な範囲にコントロールすることである。そのためには、病害虫、雑草などについての生態学的な知見に基づいた発生子察と防除技術の確立が必要であり、それを如何に組み立てて一つの防除システムを作っていくかが重要である。

（出典：農業—安定性をめぐる技術と行政、白亜書房）

### 5. 1 1. 2 土壌汚染

#### (1) 概 説

昭和45年（1970年）に、鳥取、福島等8県から出荷されたきゅうり、宮城、秋田両県から出荷されたばれいしょの一部に残留許容量を越えたアルドリン、ディルドリンまたはエンドリンの残留していることが、大阪市衛生研究所等の検査によって明らかにされ、このため生産県の一部では出荷の自主的な中止が行なわれた例がある。この原因については、一部の農家が安全使用基準を遵守しないでこれら農薬を使用した場合のほか、過去において使用されたこれらの農薬が土壌中に残留し、これがきゅうり及びばれいしょによって吸収されたためであるとされた。

このように土壌中での残留性が高い有機塩素系農薬（殺虫剤）が土壌汚染を引き起こしている例は他にも報告されている。土壌汚染の原因となる有機塩素系農薬には、DDT、BHC、アルドリン、ディルドリン、エンドリン等がある。日本ではDDT及びBHCについては、既に使用が禁止されており、アルドリン及びディルドリンについては、土壌残留性農薬として指定され、エンドリンについては、作物残留性農薬及び水質汚濁性農薬として指定され、使用が規制されている。主な有機塩素系農薬汚染の影響及び対策は以下の通りである。

## (2) 農薬汚染の影響

殺虫剤については、従来、急性毒性は少ないが、効果は長期間持続するものが良いとされ、農薬の開発は、このような方向で進められてきた。しかし、農薬の効果の持続性、すなわち、残留性が大きいことが長く環境を汚染することになり、また、食物連鎖を通ずる生物濃縮によって、農畜産物を汚染することとなり、社会的にも大きな問題となってきた。有機塩素系殺虫剤の多くは、水、酸、アルカリに対し不溶性か難溶性であり、光・温度に対しても比較的分解され難いことから、極めて残効性が高い。

有機塩素系殺虫剤の土壌中での残留性の順位は、おおむね次のとおりである。

DDT>ディルドリン、エンドリン>アルドリン、BHC、ヘプタクロール

また、土壌中に残留した有機塩素系殺虫剤の農作物により吸収される順位は、その際の諸条件により差異があるが、おおむね次のとおりであるとされている。

エンドリン> $\gamma$ -BHC、ヘプタクロール、アルドリン、ディルドリン> $\beta$ -BHC、DDT

土壌中の有機塩素系殺虫剤の農作物による吸収については、農作物の種類によって差異があり、土壌中の有機塩素系殺虫剤を比較的吸収しやすい農作物としては、にんじん、きゅうり、ピーマン、キャベツ、たまねぎ、セロリ等があげられる。

土壌中から吸収された有機塩素系農薬の作物中での分布は根に最も多く、有機塩素系農薬の残留性は、根菜類、いも類、葉菜類、果菜類に少ないという傾向がみられる。これら農薬が残留した農作物は、人の健康を損なう恐れがあるものとして問題視されており、残留農薬に対する食品の規格が設定されている。

## (3) 汚染対策

DDT、BHC、アルドリン、ディルドリン等有機塩素系殺虫剤は、環境中において分解され難いことから、長期間にわたって土壌中に残留し、人の健康を損なう恐れがある農畜産物の生産の原因となる。従って、このようなことを未然に防止するため、改正農薬取締法（昭和45年12月の公害国会における改正）においては、DDT及びBHCについては、販売及び使用が禁止されるとともに、エンドリンについては、作物残留性農薬として指定され、アルドリン及びディルドリンについては、土壌残留性農薬として指定され、エンドリン、テロドリン及びベンゾエピンについては、水質汚濁性農薬として指定され、それぞれ厳し

い使用基準のもとでのみ使用が許されることとなった。

しかしながら、これらの農薬については従来、多量に使用されてきたこともあって、使用規制後においてもなお土壤中に残留し、土壤汚染の原因となっている。このため、これら残留農薬による土壤汚染を防止するとともに、汚染を除去・軽減する対策を講ずる必要がある。

有機塩素系殺虫剤によって土壤が汚染された農用地においては、一定期間、農作物の栽培を中止することが望ましいが、農作物を栽培する場合にあっては、土壤中に残留する農薬の分解を促進したり、あるいは残留する農薬と農産物による吸収を抑制したりする対策が必要である。このような対策としては、残留農薬の蒸発及び土壤微生物による分解を促進するため、深耕、有機物施用、石灰質肥料施用等があげられ、このほかにも散水乾燥、活性炭施用等も考えられている。

(出典：土壤汚染、環境庁土壤農薬課編)





## 第6章 国際条約及び宣言等



## 第6章 国際条約及び宣言等

### 6.1 農業開発と環境に関連する主な国際条約

#### 6.1.1 概要

環境に関する主な国際条約はUNEPのSelected Multilateral Treaties in the Field of the Environment (1983)に76条約が収録されている。この中で途上国の農業開発に特に関係の深いものとしては湿地開発に関するラムサール条約、渡り鳥等保護条約、野生生物種保存のためのワシントン条約等が著名である。以下にこれら主な条約につき、概要と加盟国について要約する。

#### 6.1.2 主な条約

##### (1) ラムサール条約

- 正式名 : Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat
- 邦名 : 特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約（国際湿地条約と略）
- 採択年 : 1971年2月2日
- 採択場所 : Ramsar, Iran
- 目的 : 湿地のはたす環境機能及び経済・文化・科学・レクリエーション等の価値を認識し、現在及び将来にわたる湿地への侵入及び湿地の減少を抑止する。
- 概要 : 加盟国は国内に1ヶ所以上の国際的に重要な湿地を指定する。また、移動性の野鳥、水鳥等の保護、管理、賢明な利用に配慮する。
- 加盟国 : アルジェリア、オーストラリア、オーストリア、ブルガリア、カナダ、チリ、デンマーク、フィンランド、ドイツ、ギリシャ、ハンガリー、アイスランド、インド、イラン、イタリア、日本、ジョルダン、モーリタニア、モロッコ、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、パキスタン、ポーランド、ポルトガル、セネガル、南アフリカ共和国、スペイン、スウェーデン、スイス、チュニジア、旧ソビエト連邦、イギリス、ウルグアイ、ユーゴスラビア

(2) 渡り鳥等保護条約

- 正式名 : International Convention for the Protection of Birds
- 邦名 : 標記と同じ
- 採択年 : 1950年10月18日
- 採択場所 : Paris, France
- 目的 : 科学的な利益、各国の自然の保護及び経済に配慮しつつ、全ての野生の鳥類を基本的に保護する。
- 概要 : 保護の対象は生殖期における全ての鳥類、生殖場所への移動中の鳥類、及び絶滅に瀕している種については通年保護する。卵から幼鳥期の捕獲の禁止。わな、網、毒餌、盲目にしたおとり鳥、モーターボート、自動車等による捕獲法の禁止。他
- 加盟国 : ベルギー、アイスランド、イタリア、ルクセンブルク、オランダ、スペイン、スウェーデン、スイス、トルコ、ユーゴスラビア、日本、アメリカ、中国、旧ソビエト連邦、他

(3) ワシントン条約

- 正式名 : Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES)
- 邦名 : 絶滅の恐れのある野生動植物種の国際取引に関する条約
- 採択年 : 1973年3月3日
- 採択場所 : Washington, USA
- 目的 : 国際取引を規制することで、絶滅の恐れのある野生生物の保護を目指す。対象は生物だけでなく、剥製、製品、毛皮、きばなども含まれる。
- 概要 : 1972年、ストックホルムで開かれた「国連人間環境会議」で条約の必要性が提案され、翌73年3月、ワシントンでの会議で条約が採択された。日本は80年に批准したが、関係業界の反対にあつて、ワニやウミガメなど11種を留保している。関連国内法の整備も遅れ、87年に「絶滅の恐れのある野生動植物の譲渡の規制等に関する法律」が施行された。それでも密輸などが相次ぎ、国際的に非難を受けることが多い。ワシントン条約では動物の危機に瀕している度合いによって付属書I、II、

IIIと分けて記している。付属書Iの動植物は商業の目的の取引は全面禁止、付属書IIでは、輸出国政府が発行する許可書か証明書が必要。ぞうげを取るため密猟が目立つアフリカゾウを付属書IIからIに移そう、という動きが出ている。

加盟国 : アルジェリア、アルゼンチン、オーストラリア、オーストリア、バハマ、バングラディッシュ、ベルギー、ベニン、ボリビア、ボツワナ、ブラジル、カメルーン、カナダ、中央アフリカ、チリ、中国、コロンビア、コンゴ、コスタリカ、キプロス、デンマーク、エクアドル、エジプト、フィンランド、フランス、ガンビア、ドイツ、ガーナ、ガテマラ、ギニア、ガイアナ、インド、インドネシア、イラン、イスラエル、イタリア、日本、ジョルダン、ケニア、リベリア、リヒテンシュタイン、ルクセンブルク、マダガスカル、マラウイ、マレーシア、モーリシャス、モナコ、モロッコ、モザンビーク、ネパール、オランダ、ニカラグア、ニジェール、ナイジェリア、ノルウェー、パキスタン、パナマ、パプアニューギニア、パラグアイ、ペルー、フィリピン、ポルトガル、ルワンダ、セントルシア、セネガル、セイシェル、南アフリカ、スリランカ、スーダン、スリナム、スウェーデン、スイス、タイ、トーゴ、トリニダードトバゴ、チュニジア、旧ソビエト連邦、アラブ首長国連邦、イギリス、タンザニア、アメリカ、ウルグアイ、ベネズエラ、ザイール、ザンビア、ジンバブエ

## 6. 2 国際機関による環境宣言、勧告

### 6. 2. 1 概 要

地球環境に係る国際的な取り組みの歴史は浅く、1972年6月の国際人間環境議会における「人間環境宣言」（ストックホルム宣言と俗称）以来1980年代に入り本格化した。

ここでは途上国の開発事業に協力する際に、先進国がとるべき行動に関する国連各機関ならびに経済開発協力機構(OECD)等の宣言、決議、勧告等の中から、農業開発分野の本ガイドライン作成に当たり、特に関係が深く、参考としたものについて抜粋し、紹介する。就中、OECDについては、勧告が具体的であり、本ガイドライン作成の背景、経緯を理解する上でも重要である。

主な宣言、勧告は次のとおりである。

#### (1) 国連関係

- 1972. 6 国連人間環境会議「人間環境宣言」（ストックホルム）
- 1982. 5 国連環境計画(UNEP)管理理事会特別会合「ナイロビ宣言」（ナイロビ）
- 1987. 2 国連環境特別委員会(WCED)「東京宣言」（東京）
- 1987. 4 WCED報告書「OUR COMMON FUTURE」（ブルントラント・レポート）
- 1987. 12 WCED報告に関する国連総会決議
- 1988. 12 「環境と開発に関する国連会議」に関する国連総会決議
- 1989. 5 「環境と開発に関する国連会議」に関するUNEP管理理事会決議
- 1989. 9 「地球環境保全に関する東京会議」議長サマリー（東京）
- 1989. 12 「環境と開発に関する国連会議」に関する国連総会決議
- 1990. 10 国連アジア太平洋経済社会委員会(ESCAP)環境大臣会合関係宣言

#### (2) サミット

- 1987. 6 ヴェネチア・サミット経済宣言（環境関係部分）
- 1988. 6 トロント・サミット経済宣言（環境関係部分）
- 1989. 7 アルシュ・サミット経済宣言（環境関係部分）
- 1990. 7 ヒューストン・サミット経済宣言（環境関係部分）

(3) OECD

1985. 6 開発援助プロジェクトに係る環境アセスメントに関するOECD理事会勧告  
1986. 10 開発援助プロジェクトに係る環境アセスメントの促進に必要な施策に関する理事会勧告  
1989. 2 二国間及び他国間援助機関におけるハイレベルの意志決定者用の環境チェックリストに関するOECD理事会勧告  
1991. 2 OECD環境閣僚会議  
1991. 12 OECD環境開発閣僚会議

6. 2. 2 国連他の環境宣言等

以下の本ガイドライン作成に関連する国連及びサミットの環境宣言の抜粋を紹介する。

(1) 国連人間環境会議「人間環境宣言」(1972年6月 スtockホルム)

7項目の総論の中で途上国に関するものは第4項として下記がある。

「開発途上国では、環境問題の大部分が低開発から生じている。何百万の人々が十分な食物、衣服、住居、教育、健康、衛生を欠く状態で、人間としての生活を維持する最低水準をはるかに下回る生活を続けている。このため開発途上国は、開発の優先順位と環境の保全、改善の必要性を念頭において、その努力を開発に向けなければならない。同じ目的のため先進工業国は、自らと開発途上国との間の格差を縮めるよう努めなければならない。先進工業国では、環境問題は一般に工業化及び技術開発に関連している。」

総論に続き26項目の「共通の信念」の宣言があり、脆弱な環境に関する権利と義務、天然資源の保護、更新可能な資源の維持・向上、野生生物の保護、更新不能の資源の利用法、有害物質の排出規制、開発の促進と援助、教育、国際協力等々が述べられているが、環境保護のための援助については以下の通りである。

「開発途上国の状態とその特別の必要性を考慮し、開発計画に環境保護を組み入れることから生ずる費用を考慮に入れ、さらに要求があったときは、この目的のための追加的な技術援助及び資金援助が必要であることを考慮し、環境の保護向上のため援助が供与されなければならない。」

なお、同会議は1982年5月にこのストックホルム宣言からの10周年記念会合を開催し、ナイロビ宣言を採択した。この宣言はストックホルム宣言の指示を厳粛に再確認すると共

に越境汚染、先進国の途上国に対する支援、UNEP強化の支援、利用可能資源の増加とそれを将来の世代に引き継ぐため、全ての政府及び国民が歴史的責任を果たすよう要請している。

## (2) 国連環境特別委員会報告書要旨

委員会の別名は環境と開発に関する世界委員会であり、東京宣言で報告書がまとめられた。この概要は以下のとおりである。

報告書の題名 : Our Common Future (地球の未来を守るために)

報告書の内容 : 持続的開発、国際経済、人口、種と生態系、エネルギー、工業、都市問題、共有財産、安全保障、変革への提言等の章からなる。

中心的概念 : 持続的開発(sustainable development)。これは、「将来の世代の欲求を損なうことなく、現代の世代の欲求も満足させるような開発」をさしている。

(持続的開発については、開発ニーズの高い途上国と環境指向の先進国との妥協点としての意味があるとの指摘もある。)

いずれにしてもこの「持続的開発」はその後の国際的な環境と開発に関する原則となり、1987年12月には同報告書を歓迎する国連総会決議がなされた。

## (3) サミットにおける環境宣言

### a. ヴェネチアサミット経済宣言 (1987年6月) 環境関係抄録

大気、水、酸性雨に加え熱帯林破壊、絶滅の危機に瀕する種の保存等に対する各国の責務と取り組みの促進等が含まれている。

### b. トロントサミット経済宣言 (1988年6月) 環境関係抄録

環境と開発に関する世界委員会報告書と、持続可能な発展の概念を支持。また、農業の環境に対する潜在的な影響として、資源を過度に集約的に使用する場合を否定的にとらえる反面、砂漠化を防止する面については肯定的にとらえている。



c. アルジュサミット経済宣言（1989年7月）環境関係抄録

農業部門では水質汚染、土壌侵食、砂漠化、熱帯林の保全、湖沼・河川の保護等の問題に対する取り組みに貢献することを要請している。

6. 2. 3 OECDの勧告

OECDの勧告は先にも述べたとおり具体的であり、保全されるべき立地条件、スクリーニング、スコーピング等についても加盟国に対する勧告がなされている。

(1) 開発援助プロジェクト及びプログラムに係る環境アセスメントに関するOECD理事会勧告（1985年6月）要旨

加盟国政府（先進24ヶ国）が途上国の開発援助プロジェクトにおいて環境アセスメントを行う際に特に留意すべき立地を明らかにすると共に、環境委員会によるガイドラインの作成を勧告。

(2) 開発援助プロジェクト及びプログラムに係る環境アセスメントの促進に必要な施策に関する理事会勧告（1986年10月）要旨

- a. 加盟国の援助機関の本部において環境アセスメントプロセスを監督し、指導するための責任体制を確立すること。
- b. 完全な環境アセスメントが必要か否かを決定するため、最初にスクリーニングが行われるべきこと。
- c. 環境アセスメントはフィージビリティ調査前又はプロジェクト提案段階で開始され、費用便益及び技術面でのフィージビリティ調査に組み入れられるべきこと。
- d. 被援助国政府職員等をスコーピングに巻き込むこと、また、アセスメントの実施及びモニタリングにこれら職員に従事させること。
- e. 援助機関等によりアセスメントのトレーニングコースの設置、また、途上国への環境専門家の派遣ならびに被援助国への財政的、技術的援助。

(3) 二国間及び多国間援助機関におけるハイレベルの意思決定者用の環境チェックリストに関するOECD理事会勧告（1989年2月）要旨

この勧告は開発援助プロジェクトにおいて加盟国が組み入れた環境アセスメントの効果

及びチェックリスト等の手法の適用について、OECD環境委員会が3年以内に勧告することとしている。このチェックリストの内容及び解説については別紙付属書I及びIIのとおりである。このうち、付属書Iでは環境チェックリストとして、環境への影響の確認、緩和策、ガイドライン、モニタリング等に関するチェックリストについて記述され、付属書IIでは、脆弱な環境立地及び環境インパクトに関する記述が必要と考えられる開発行為が示されている。

(4) 好事例集に関するOECD環境閣僚会議（1990年）要旨

この会議では開発プロジェクトのEIAのための好事例集（別紙OECD-3に抜粋）、非自発的な再定住に関するガイドライン（別紙OECD-4に抜粋）等が討議された。

## 付属書 I (外務省仮訳)

ハイレベルの意思決定者用の環境チェックリスト

## I. 影響の確認

1. プロジェクトが脆弱な環境にどのような影響を与えるか。
2. プロジェクトの正及び負の重大な環境影響について明確に記述されているか。リスクが評価されているか。
3. 越境汚染を含めたプロジェクト実施場所以外への影響（いわゆるアップストリーム及びダウンストリームに与える影響）や、影響が現われるまでのタイムラグが考慮されているか。

## II. 緩和策

4. どのような緩和策が提示され、どのような代替地が検討されたか。
5. 過去の同様のプロジェクトからどのような教訓が本プロジェクトの環境評価に反映されたか。
6. プロジェクトの基準に際して、関係住民・団体が関与し、彼らの便益が適切に考慮されているか。

## III. 手続き

7. 援助機関及び非援助国政府の採用している環境ガイドラインがどのように利用されたか。
8. 意志決定課程のどの段階で、環境アセスメントが実施されたか。
9. プロジェクトの正と負の環境影響が、プロジェクトの経済分析にどのように組み込まれたか。
10. プロジェクトの準備に際し、環境保全に責任を有する途上国の機関が相談を受けたか。プロジェクトの承認に責任を有する途上国の中央機関がプロジェクトの環境影響に気づいているか、また彼らは環境対策が含まれることを承認したか。

## IV. 実施

11. 環境対策を効果的なものとするためには、途上国の組織強化が必要か。また、もしそうであるならどのような行動が必要か。
12. 実施中及び実施後に誰がどのように環境影響及び緩和策をモニタリングするのか。
13. 必要な環境対策が見積もられ、その資金のための適切で現実的な保証があるか。

## 付属書 II (外務省仮訳)

チェックリストの質問項目の一部に関する解説

1. 脆弱な環境の例 (立地)
  - a) 土壌及び土壌保全地域
  - b) 砂漠化にさらされている地域及び半乾燥地域
  - c) 熱帯雨林及び熱帯植生
  - d) 水源
  - e) 魚、野生生物資源、特に湿地、マングローブの沼沢地及び珊瑚礁の保護、保全、持続的利用にとって貴重な生息地。
  - f) 固有の価値を有する地域 (歴史的、考古学的、文化的、審美的、科学的)
  - g) 人口又は産業活動が集中しており、それ以上の産業開発又は都市拡大が重大な環境問題を引き起こしそうな地域 (特に、大気及び水質について)
  - h) 特定の脆弱な人口集団にとって特別な社会的価値のある地域 (例えば、伝統的な生活様式を持つ遊牧民等の人々の住む地域)
2. 環境影響の明確な記述が必要なプロジェクトには以下のようなものがある (開発行為)
  - a) 再生可能資源の利用における重大な変更 (例えば、農業生産、森林、牧草地への転換、農村開発、木材生産)
  - b) 耕作法及び漁法の重大な変更 (例えば、新作物の導入、大規模な機械化)。農業における化学物質の利用 (例えば、殺虫剤、肥料)
  - c) 水資源の開発利用 (例えば、ダム、灌漑・排水事業、水及び流域管理、水供給)
  - d) インフラストラクチャー (例えば、道路、橋、空港、港湾、送電線、パイプライン、鉄道)
  - e) 産業活動 (例えば、金属精練工場、木材加工工場、化学工場、発電所、セメント工場、石油精製・化学工場、農業関連産業)
  - f) 採掘産業 (例えば、工業、採石、泥炭、石油及びガスの発掘)
  - g) 廃棄物の管理及び処分 (例えば、下水道施設、廃棄物埋立地、家庭ごみ処理施設及び有害廃棄物処理施設)

正及び負の環境タイプはプロジェクトにより異なり得る。例えば、灌漑プロジェクト [上記パラグラ

フ c ] は淡水漁業の新たな可能性の創出という正の効果を与え得る。同時に、塩水化、土壌侵食のような負の影響も与え得る。

3. 他の地域への影響例としては、産業排水が処理されずに水域へ排出される場合の下流水生生物への影響がある。  
決定においてタイムラグを考慮することの重要性を示す例としては、自然地域を通過する道路による二次的影響がある。これらの道路はしばしば大規模な（移動）耕作や環境悪化を引き起こす。
4. 緩和策は、負の環境影響を減少又は軽減するためにとられる行為である。例としては：
  - a) 水域に排出される前に産業排水を処理すること。
  - b) 高速道路及び産業プロジェクトに防音壁を供給すること。
  - c) 開発目的のために利用される土地を保証するための野生生物保護区や他の保全地域を設定すること。
5. 影響を受ける住民は、開発プロジェクトに関連する問題の解決策の計画と実施に当たって、その問題点を明確にし、理解することに参加すべきである。これには、持続的開発と農村住民の完全な参加を促進するための努力が伴うべきである。
6. プロジェクト又はプログラムの環境アセスメントは、プレ・フィージビリティ調査又はプロジェクトの提案段階で始めるべきであり、費用便益及び技術面のフィージビリティ調査に組み込まれるべきである。
7. プロジェクトに関連する環境情報の普及を確保する一つの方法は、プロジェクトの最終決定の前に、途上国において省庁間の協議課程を設けることである。
8. 途上国政府機関の強化策の例としては、環境アセスメント及び管理に関する研修コースの提供及びプロジェクト、プログラム、政策から発生し得る環境影響を評価する政府職員を補佐し、意志決定者及び公衆に対して、負の環境影響を緩和し、当該地の人間環境の質を高めるために合理的代替策を知らせるための環境アドバイザーの提供がある。民間及び非政府機関は地域住民の環境意識の向上のために援助され得る。

## 開発プロジェクトの環境影響のための好事例集(Good Practices) (外務省仮訳)

DACメンバーにより採択された「開発プロジェクトの環境影響評価（以下EIA）のための好事例集(Good Practices)」は以下のような主要な要素を含む。

- 1) 環境の側面はプロジェクトの選択、デザイン及び実施において十分統合されるべきであり、援助プロジェクトの環境面の管理責任も明確にされるべき。
- 2) 1985年のOECD理事会勧告によって特定されたプロジェクトについては少なくともEIAは、スクリーニングとスコーピングともにならず行なわなければならない。
- 3) EIAは人の健康、自然環境、財産への考えられるあらゆる影響及び社会的影響、特に性別が関わる、あるいは特定の集団に関わる必要性や環境の変化によって再定住することになる先住民への影響等についても考慮しなければならない。
- 4) EIAは代替案、（「開発せず」の選択を含め）及び必要な移住措置、モニター措置も考慮しなければならない。
- 5) プロジェクトのEIA実施に当たっては、ドナーは「受容可能」、すなわち改善可能なマイナス影響について最小限度の範囲とし、かつプラスの影響を最大化する標準を用いるべき。
- 6) 可能な場合、環境面で顕著な影響があると思われるプロジェクトに関する地元住民の見解が得られるように、情報へのアクセスを含め、積極的に措置がとられるべき。
- 7) EIAはプロジェクトの環境面及び関係する社会面のプラスの影響及びマイナスの影響、危険性について明確に述べたものである必要がある。
- 8) プロジェクト現場以外への影響、すなわち国境を越えた影響、時間を経過した後の影響、累積的な影響等に対しても評価が行なわれるべきである。
- 9) 途上国政府は自国の環境状況、開発プロジェクトのデザインについて最終的な責任を負う。

## 開発プロジェクトに伴う非自発的な移住及び再定住に関する援助機関のためのガイドライン（外務省仮訳）

再定住計画には以下の基本的な政策的考慮が払われるべきである。

- a) 非自発的な住民移動は、他のあらゆるプロジェクトデザインの選択可能性を調査し、可能であれば回避するか最小限にすべきこと。どのような場合にも、プロジェクト実施を回避する案（「開発せず」の案）が真剣に検討されねばならず、決定の過程においては、住民のニーズと環境保護に重きをおくべきである。移住が不可避な場合、移住計画は住民のニーズと環境保護に十分注意が払われるべき。ドナー諸国は、住民の移住を伴うプロジェクトは、影響を受けるグループの権利を守り、受け入れ可能な移住計画が含まれない場合、支持すべきでない。
- b) あらゆる非自発的な移住は、移住民がプロジェクトの便益を受けられるよう十分な投資資源とその機会を用意する開発プログラムとして立案され実施されるべきこと。移住民は以下のことが可能となるように取り扱われるべきである。
  - 1) 土地ベース又は雇用ベースでの生産手段の再構築
  - 2) 移住に要する費用に等しい損失補償
  - 3) 移住に要する期間と過渡期間における援助
  - 4) 移住民の以前の生活水準と所得能力、生産水準を改善するため、または少なくとも維持するために彼らがなす努力に対する援助
- c) 環境担当機関と地域共同体の移住計画と実施における参加は不可欠。また女性がそれに含まれること。移住民と彼らを受け入れる側の住民の適切な現存の社会・文化機能が活用されるべき。
- d) 移住民を受け入れる側の共同体は、計画実施過程に関与させられ、移住に伴う有り得べき社会環境への悪影響に打ち勝つための支援がなされるべき。
- e) プロジェクトにより取られる土地や他の資源に慣習的権利を保有している土着グループ、少数民族、放牧民には、適切な土地、インフラ、その他の補償が用意されるべき。そうした集団が土地に対し法的権利を持たなくとも、補償の障害となってはならない。
- f) 天然資源を基礎とする生産は（女性の知識・技能・労働によって）非常に広い範囲で女性に負っており、かつ女性の、家庭・コミュニティ・国家経済への貢献は大であるので、移住計画は女性の立場なども考慮し、かつ彼女らのニーズと制約を踏まえなければならない。
- g) 移住計画の実施は有効に監督されねばならない。





## 第7章 国際機関及び他援助国機関が用いる農業開発の環境問題に関する解説及び事例



## 第7章 国際機関及び他援助国機関が用いる農業開発の環境問題に関する解説及び事例

### 7.1 概要及び要約

#### 7.1.1 概要

この章では本ガイドライン作成に当たって収集し、特に参考とした文献についてその概要を取りまとめた。収集したものとしては世銀、ADB、他援助国（英国ODA）、途上国のものである。このうち途上国についてはその国の環境配慮実施体制及びガイドライン等が含まれており、第4章に収録されている。

なお、国連、OECD等の近年の途上国における環境と開発に関する宣言や勧告の中から、本ガイドライン作成にあたり参考としたものについてはその要旨を第6章に収録し、途上国における環境と開発協力を携わるための基本的な考え方の参考とした。

なお、ここでは後述7.2の他援助国／機関における環境配慮実施体制とガイドライン等の内容につき要約する。前述した第1章、第2章、第3章は、これらの事例と解説を参考として作成されている。

#### 7.1.2 実施体制に関する要約

##### (1) 組織

世銀は環境局3課30名、地域環境班4班30名、計60名の職員・コンサルタントが所属している。他の援助国の機関では英国ODAが約400名の自然資源関係の専門家を有している。途上国においても整備が進んでおり、環境行政担当省庁と、開発行政担当省庁ともに環境担当部局を有していることが多く、最終的な規制権限は前者に所属していると見られる。

##### (2) 環境配慮取り組み戦略

いずれの国際機関も途上国における持続的開発をテーマにプロジェクトの初期から環境の改善、悪影響の軽減に配慮した計画、設計を行ない、実施の遅れや不測の費用支出を回避する方向で努力している。このため、影響を受ける住民やNGOの意見も取り入れる。

##### (3) 環境配慮実施方法

EIAは原則として開発調査時に実施。ADBは本体調査と同一コンサルタント、世銀は異なるコンサルタント、途上国の一部では当該国で指定した大学、コンサルタント等に実施させる場合もある。

### 7. 1. 3 ガイドラインに関する要約

#### (1) ガイドライン整備状況

農業開発に関する総合的なガイドラインはADBは1987年、世銀は1991年に初版を整備。先進援助国においては、世銀、ADBほど網羅的ではないが、ほとんどが整備済。途上国においてはインドネシアでは公共事業省（1989年）によるものがよく整備されている。他の途上国でも整備済、整備中のところも少なくない。

#### (2) チェックリスト

##### a. ADB

チェックリストは開発行為、立地条件、環境項目を全て同列に扱い、各々につき極く簡単な軽減策が記載されている。スクリーニングとスコーピングを同時に行なって評価する。

##### b. 世 銀

EIAの最終責任は相手国としており、解説が主体となっている。立地条件と開発行為は別の製本となっており、立地条件は大気、国際河川等、生物種、ワイルドランド、湿地、熱帯林、乾燥・半乾燥地、海岸等に分類。一方、農業・農村開発に関しては、農産物加工、ダム・貯水池、漁業、洪水防御、森林管理、流域管理、灌漑排水、畜産・レンジランド管理、農村道路等に分類し、環境項目別の軽減策を各1行程度にまとめてある。

スクリーニング及びスコーピングは実施することとしているが、フォーマットは明らかにされていない。

##### c. 他援助国 (ODA)

ほぼ世銀と同様な思想で簡略なガイドラインであり、チェックリスト（箇条書きの文章）と解説で構成。解説は影響の記述が多く、軽減策の記述は乏しい。チェックリストのフォーマットは明らかでない。

##### d. 途上国 (インドネシア)

環境配慮の手続き、開発規模別、スクリーニング・スコーピングフォーマットともに完備。但し、軽減策等の解説は含まれていない。

(3) 運用方法

いずれの機関もスクリーニング、スコーピングを開発調査時に実施するとしているが、現在まだ過渡期であることもあり、世銀、インドネシア等では実施設計以降においてもEIAを行なうことができるようにしてある。国際機関では不必要な項目のEIAは行なわないようにスコーピングに配慮することを求めている。

(4) 開発規模に対するEIA実施条件

収集資料中最も詳細に開発規模によるEIA実施条件を定めているのはインドネシアである。ADBは定めていない。以下、日本も加え、収集したものに関し概要を示す。

	世 銀	インドネシア	タ イ	日 本
ダム等	50世帯以上の 非自発的な住 民移転（ダム 以外にも適用）	灌漑面積 2,000～ 5,000 ha以上	有効貯水量 1億m <sup>3</sup> 以上 貯水面積 15 km <sup>2</sup> 以上	湛水面積 200 ha以上
農地造成	開墾・整地 100 ha以上			500 ha以上
湿地開発	湿地及び林地 10 ha以上	2,000～ 5,000 ha以上		埋立、干拓 50 ha以上
灌漑*			新規、リハビリ ともに12,800 ha 以上	

(注) インドネシアは全て新規開発の値を使用した。同国は上記の他リハビリ、潮位灌漑、河口堰、地下水開発等もEIAを条件としている。世銀はワイルドランドの侵犯等他にも条件がある。

#### 7. 1. 4 スクリーニング結果の評価

ADBは「重大な影響」を大、中、小、無に分類し、EIAは大、中と評価されたものにつきコンサルタントに実施させ、小は個人コンサルタントに実施させる。一方、世銀は「重大な影響」が多様な分野にありそうな場合に通常EIAを実施し、限定されたインパクトに対しては内容を限定したEIAとし、「重大な影響」がなさそうな場合は通常EIAは不要としている。いずれの場合も評価法は定量化していない。

一方、インドネシアの場合は開発面積等の規模により、EIAとするか、影響概要記述（IEEとEIAの間）に止めるかの基準を明確にしている。このため、開発主体がプロジェクトの受益面積を決定する場合、上記基準内に面積が入るようにして、EIAを避けるケースも見受けられる。

### 7. 2 各機関における環境配慮実施体制とガイドラインの概要

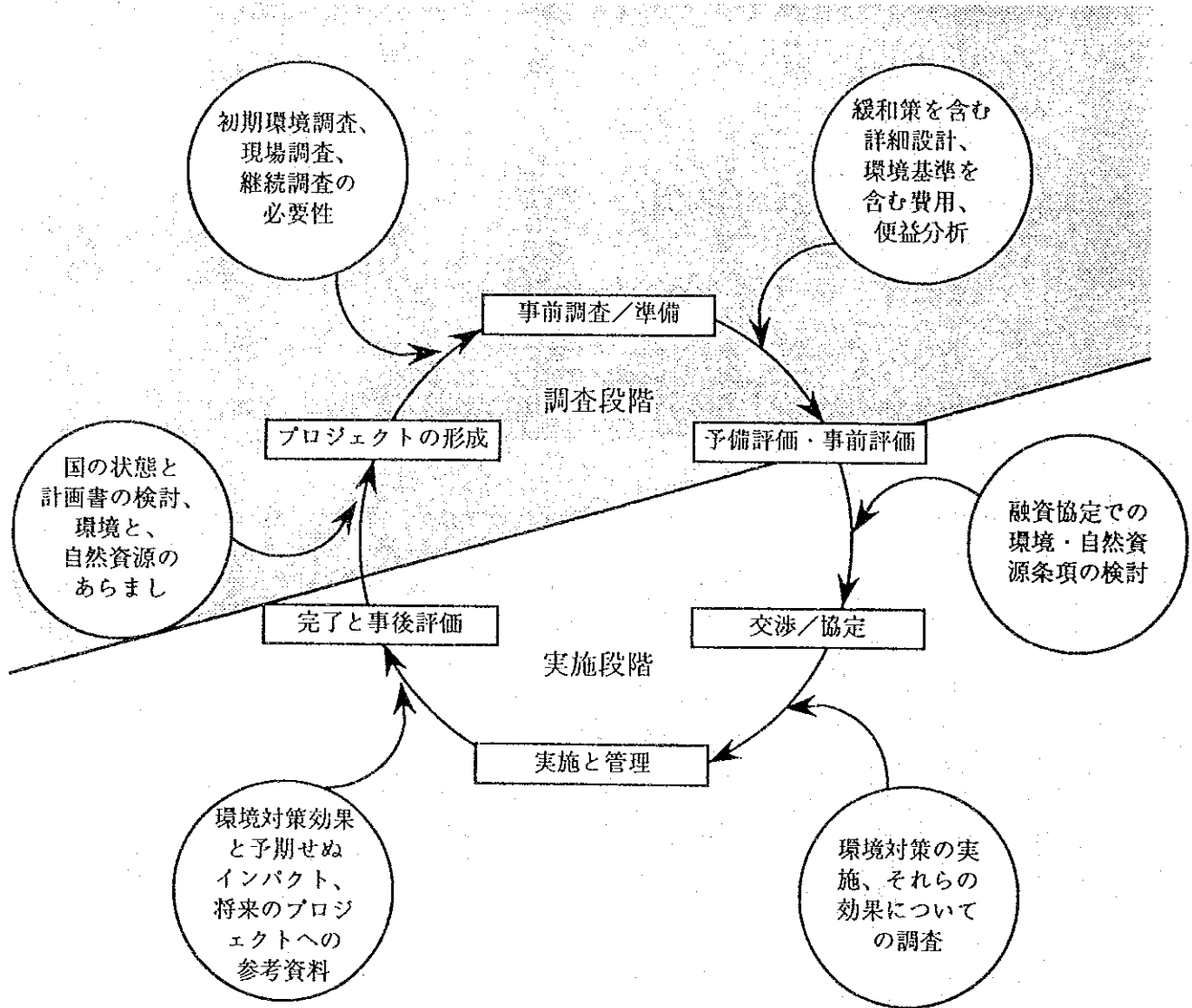
#### 7. 2. 1 国際機関における環境配慮実施体制とガイドラインの概要

別表（ADB、世銀）

(1) アジア開発銀行(ADB)における農業開発の環境配慮実施体制及びガイドラインの概要

項 目	内 容
<p>1. 実施体制</p> <p>(1) 組織</p> <p>(2) プロジェクト実施手順</p> <p>(3) プロジェクト環境配慮</p> <p>1) 取組戦略</p> <p>2) 実施方法</p>	<p>環境：Office of the Environment 農業：Agriculture Department</p> <p>環境配慮プロジェクトサイクル参照（別紙ADB-1）</p> <p>プロジェクトの社会経済便益を重視し、プロジェクト積極推進の立場。 環境悪影響は計画、設計、O/M段階で克服又は軽減させる。</p> <p>EIAは原則として開発調査(F/S)の一部として実施する。</p>
<p>2. 法的根拠、指針</p> <p>(1) ガイドライン</p> <p>(2) チェックリストの内容</p> <p>(3) 運用方法</p> <p>(4) その他</p>	<p>Paper No.1～7までの一般ガイドラインと分野別のガイドラインが完成している。農業分野はPart A（活用法、チェックリスト、解説）及びPart B（補足資料編）からなっているが、Part Bは事例等も含み、順次追加されている。</p> <p>灌漑排水ならびに農地造成プロジェクト用のチェックリスト（仮訳）参照（別紙ADB-2）</p> <p>スクリーニング、スコーピングはチェックリスト上で同時に開発調査以前の発掘・事前段階に実施し、この結果をIEEとする。IEEでEIAが不要となれば、IEEの結果をもってEIAは完了。EIAが必要な場合はコンサルタントに実施させる。</p> <p>根拠法的なものとして運用規定(Operation Manual) が順次定められている。</p>
<p>3. スクリーニング結果の評価</p> <p>(1) 評価手法</p> <p>(2) 評価</p> <p>4. その他</p>	<p>スクリーニング、スコーピングは定性的な評価で重大な影響を大・中・小及び無しの4段階としている。 EIAの結果提案された改善策は設計、施工、供用期間を通じ、定期的にモニターされ、次のプロジェクトにフィードバックする。</p> <p>カテゴリーAからDまでのEIAに評価分類される（別紙ADB-3参照）</p> <p>最近の洪水防御、灌漑計画のサンプルTOR（別紙ADB-4参照）</p>

ADBにおける環境配慮プロジェクトサイクル



ADBにおけるEIAの分類

- カテゴリーA : チェックリストの全ての項目に重大な影響が認められない場合 (EIAは不要)
- カテゴリーB : 重大な影響は全ての項目において「小」以下の場合 (EIAはADBの個人コンサルタントが実施)
- カテゴリーC : 重大な影響は全ての項目において「中」以下の場合 (選定された項目についてコンサルタントにEIAを実施させる)
- カテゴリーD : 重大な影響が「大」と評価される項目がある場合 (本格的なEIAをコンサルタントに実施させる)