

Management and Development of Tropical Peatland in Central Kalimantan, Indonesia

（インドネシア中部カリマンタンにおける熱帯泥炭地の維持と開発）

学位論文内容の要旨

インドネシアの泥炭地は 13.5 から 26.5 万 ha で、その内約 12%（2.16 万 ha）が 中部カリマンタン（Central Kalimantan）に存在する。熱帯泥炭地は特殊な生物の生息と多様性を支え、炭素を蓄積・貯蔵し、水を貯蔵・調整するなど多彩な機能を有している。これまで、泥炭地の利用は困難であることから、開発は比較的少なく、部分伐採はされるものの、天然に近い熱帯雨林が保全されてきた。また、カリマンタンのダック族（Dayak people）は泥炭地のこれらの機能を損なうことなく、イネを栽培したり、果樹を栽培・採取し、泥炭林の副産物を採取したりしてきた。本論文では、ダック族の泥炭地の有効利用のシステムについて調査・解明した。一方、スハルト元大統領が中部カリマンタンの泥炭地を大開発すべく、1996 年に 1 0 0 万 ha イネプロジェクト（Mega Rice Project (MRP)）を開始し、運河の掘削により、広範囲に乾燥化が進み、泥炭地が火災で焼失し、煙害や大規模二酸化炭素放出などで、健康や環境に深刻な影響を与えるようになっていく。本論文では、この実態を解明し、その回復と保全策について、実証試験とダック族の伝統的生態管理をもとに各種提言を行う。

ダック族（Dayak people）は泥炭地の機能を損なうことなく、イネを栽培してきたが、これはラダンシステム（*ladang*）と呼ばれる。ダック族は泥炭地でイネ栽培の適地を判断するのに、自然の状態を観察して、適した兆候を調べる。上流域では、川岸に近い浅い泥炭地（*petak luwau*）のみを使用する。また下流の海岸近くでは、狭い用水路を掘り、潮の干満を利用して水の入替えをして乾燥化を防ぎ、酸性度を軽減する（*handel* system）。一方、大型の運河は排水するのみであるので乾燥化が進み、泥炭が微生物分解や火災で焼失し、下層から硫酸酸性度が出現し、作物の生育がきわめて困難になる。

こういった伝統的情報があるにもかかわらず、当時のスハルト大統領は大統領宣言（Presidential Decree 32/1990）で 3 m 以下の泥炭は農業利用できるとし、1996 年には 100 万 ha にイネを栽培する Mega Rice Project (MRP) を中部カリマンタンで進めた。開発のために

大規模な運河・排水路を縦横に掘削し、泥炭地の乾燥化を促進した。これは、ダック族が行ってきた泥炭地の有効利用システムを全く無視し、また、泥炭の下層土の化学的性質、水理状態、適正な作物や植物、樹木の栽培、地域社会の状況を全く考慮しないものであった。従って、この開発で、特に深い泥炭地と海岸の泥炭地は農業的に不毛の地となった。

100 万 ha ライスプロジェクトによる大規模運河・排水路掘削により、泥炭地の乾燥化が著しく進み、火災が頻発し煙害 (smoky haze) をもたらし、生態、環境、健康に深刻な影響を与えている。煙害は人の害になるとともに、野生生物の生息にも深刻な影響を与えている。一酸化炭素 (CO) と微粒子 (PM₁₀) の濃度は火災が発生する乾期に著しく増加する。CO 濃度はエルニーニョが発生した 2002 年の乾期で平均 15 ppm になった日が 42 日間もあり、致死濃度に達することもあり、人体に極めて深刻な影響を与えた。PM₁₀ 濃度は 2002 年の乾期で 250 µg m⁻³ 以上が 84 日間もあった。中部カリマンタンではこのような悪影響で、29 人が死に、17,270 人が喘息 (Asthma) に、3,366 人が肺炎 (Bronchitis) に罹った。

泥炭・森林火災の防火のために、Fire Fighting Team (*Tim Serbu Api* (TSA)) の組織を立ち上げた。これは単に防火を行うだけでなく、地域社会の生態保全の責任を明らかにし、環境教育を含むものである。2002 年の泥炭・森林火災では TSA が約 50~60 ha の防火を行った。それぞれ 8.75 km 長の 9 ラインについて、21 の井戸を掘り、溝を掘った。住民が参加した TSA は効率的に泥炭火災の消火に成功した。

100 万 ha ライスプロジェクトによる大規模運河・排水路掘削により、泥炭地の乾燥化が進んで、生態、環境、人体に深刻な影響を与えている。そこで、大規模運河に堰 (Dam) を作り、水を堰き止め水位を上昇させる試験を実施した。堰の設置前と比べて、たとえば雨季の始まる 10 月で 151 cm (transect 1)、134 cm (transect 2)、145 cm (transect 3) の水位の上昇が認められた。また、有用な自生の樹木をまわりに植えることにより、過度の乾燥を防ぎ経済的にも有用となるシステムも導入した。

泥炭の大規模開発は農業的に不毛の地を作り、泥炭の火災により生態や環境に著しい悪影響を与えることを、生態系調査や地域社会の実態調査により明らかにした。大規模泥炭開発地の運河・排水路に堰を築き水面を高くし、樹木を植えて環境保全と経済効果を高め、池を利用して魚の養殖をおこない、また住民自身が泥炭湿地林の保全の意義を認識することにより、未曾有の環境劣化と破壊を防ぐことが可能となることを提案した。

学位論文審査の要旨

主査	教授	大崎	満
副査	教授	波多野	隆介
副査	教授	平野	高司
副査	助教授	信濃	卓郎

学位論文題名

Management and Development of Tropical Peatland in Central Kalimantan, Indonesia

(インドネシア中部カリマンタンにおける熱帯泥炭地の維持と開発)

本論文は 102 頁、図 25、表 18、からなる英語論文で、別に参考論文 4 編が付されている。

熱帯、特にインドネシアカリマンタンには広大な泥炭地があるが、これまで土地利用が難しく比較的自然的に近い状態で保全されてきた。しかし、1990 年代には急激な土地開発が進められ、その開発が失敗し広大な荒廃地が残り、火災、微生物分解により、膨大な量の二酸化炭素を放出しており、健康被害も著しい。そこで、インドネシア中部カリマンタンにおける熱帯泥炭地の維持と開発について、総合的に調査・解析し、その保全・修復のモデル形成を行った。得られた結果の概要は下記の通りである。

1. 緒論

インドネシアの泥炭地は 13.5 から 26.5 百万 ha で、その内 11.7% (2.16 百万 ha) が中部カリマンタン (Central Kalimantan) に存在する。泥炭は特殊な生物の多様性、炭素の蓄積・貯蔵、水の貯蔵など多彩な機能を有している。これまで、泥炭地の利用は困難であることから、開発の手は比較的少なく、熱帯雨林が最後まで残っていた。また、カリマンタンのダック族 (Dayak people) は泥炭地のこれらの機能を損なうことなく、イネを栽培したり、果樹を栽培・採取し、泥炭林の副産物を採取したりしてきた。本論文では、ダック族の泥炭地の有効利用のシステムについて調査・解明し、その保全策について提言する。一方、スハルト元大統領が中部カリマンタンの泥炭地を大開発すべく、1996 年に 100 万 ha イネプロジェクト (Mega Rice Project (MRP)) を開始し、運河の掘削により、広範囲に乾燥化が進み、泥炭地が火災で焼失し、煙害や大規模二酸化炭素放出などで、健康や環境に深刻な影響を与えるようになっている。本論文では、この実態を解明し、その回復と保全策について、実証試験とともに各種提言を行なっている。

2. 伝統的泥炭地管理

ダック族 (Dayak people) は泥炭地の機能を損なうことなく、イネを栽培してきたが、これはラダンシステム ("ladang") と呼ばれる。ダック族は泥炭地でイネ栽培の適地を判断するのに、自然の状態を観察して、適した兆候を調べる。上流域では、川岸に近い浅い泥炭地 ("petak luwau") のみを使用する。また下流の海岸近くでは、潮の干満を利用して水の入れ替えをして酸性度を軽減する ("handel" system)。一方、大型の運河は排水するのみであるので乾燥化が進み、泥炭が微生物分解や火災で焼失し、下層から硫酸酸性土壌が出現し、作物の生育がきわめて困難になる。

こういった伝統的情報があるにもかかわらず、当時のスハルト大統領は大統領選宣言 (Presidential Decree 32/1990) で 3 m 以下の泥炭は農業利用できるとし、1996 年には 100 万 ha にイネを栽培する Mega Rice Project (MRP) を中部カリマンタンで進めた。開発のために大規模な運河・排水路を縦横に掘削し、泥炭地の乾燥化を促進した。これは、ダック族が行ってきた泥炭地の有効利用システムを全く無視し、また、泥炭の下層土の化学的性質、水利状態、適正な作物や植物、樹木、地域社会の状況を全く考慮しないものであった。従って、この開発で、特に深い泥炭地と海岸の泥炭地は農業的に不毛の地となった。

3. 泥炭地の荒廃状況

100 万 ha ライスプロジェクトによる大規模運河・排水路掘削により、泥炭地の乾燥化が著しく進み、火災が頻発し煙害 (smoky haze) をもたらし、生態系、環境、健康に深刻な影響を与えている。煙害は人の害になるとともに、野生生物の生息にも深刻な影響を与えている。一酸化炭素 (CO) と微粒子 (PM₁₀) の濃度は火災が発生する乾期に著しく増加する。CO 濃度はエルニーニョが発生した 2002 年の乾期で平均 15 ppm になった日が 42 日間もあり、人体に極めて深刻な影響を与えた。PM₁₀ 濃度は 2002 年の乾期で 250 $\mu\text{g m}^{-3}$ 以上が 84 日間もあった。中部カリマンタンではこのような悪影響で、29 人が死に、喘息 (Asthma) が 17,270 人、肺炎 (Bronchitis) が 3,366 人に達した。

4. 泥炭地の保全と修復

泥炭・森林火災の防火のために、Fire Fighting Team (Tim Serbu Api (TSA)) の組織を立ち上げた。これは単に防火を行うだけでなく、地域社会の責任を明らかにし、環境教育を含むものである。2002 年の泥炭・森林火災では TSA が約 50–60 ha の防火を行った。それぞれ 8.75 km 長の 9 ラインについて、21 の井戸を掘り、溝を掘った。住民が参加した TSA は実に効率的に消火することに成功した。

100 万 ha ライスプロジェクトによる大規模運河・排水路掘削により、乾燥化が進んで、生態や環境に深刻な影響を与えている。そこで、大規模運河に堰 (Dam) を作り、水を堰き止め水位を上昇させる試験を実施した。堰の設置前と比べて、たとえば雨季の始まる 10 月で 151 cm (transect 1)、134 cm (transect 2)、145 cm (transect 3) となり、水位の上昇があきらかに認められた。また、有用な自生の樹木をまわりに植えることにより、過度の乾燥を防ぎ経済的にも有用となるシステムも導入した。

泥炭の大規模開発は農業的に不毛の地を作り、泥炭の火災により生態や環境に著しい悪影響を与えることを、実証的に明らかにした。大規模泥炭開発地の運河・排水に堰を

築き水面を高くし、樹木を植えて環境保全と経済効果を高め、池を利用して魚の養殖をおこない、住民自身は泥炭湿地林の保全の意義を認識することにより、未曾有の環境劣化を防ぐことが可能となる。

本研究により得られた網羅的かつ総合的知見は、熱帯泥炭地とその生態の保全、修復に著しく貢献するものである。その成果は、熱帯泥炭の保全の技術開発の基礎として重要であるだけでなく、社会システムとして消火グループ、環境教育システム、住民参加型環境修復システム等を生み出すのに多大な貢献をした。熱帯泥炭保全に関する総合農学を確立したという意味で、画期的成果であり、今後、持続的環境・生態保全の世界的モデルとなりうると期待される。

よって審査員一同は、Suwido H. Limin が博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。