

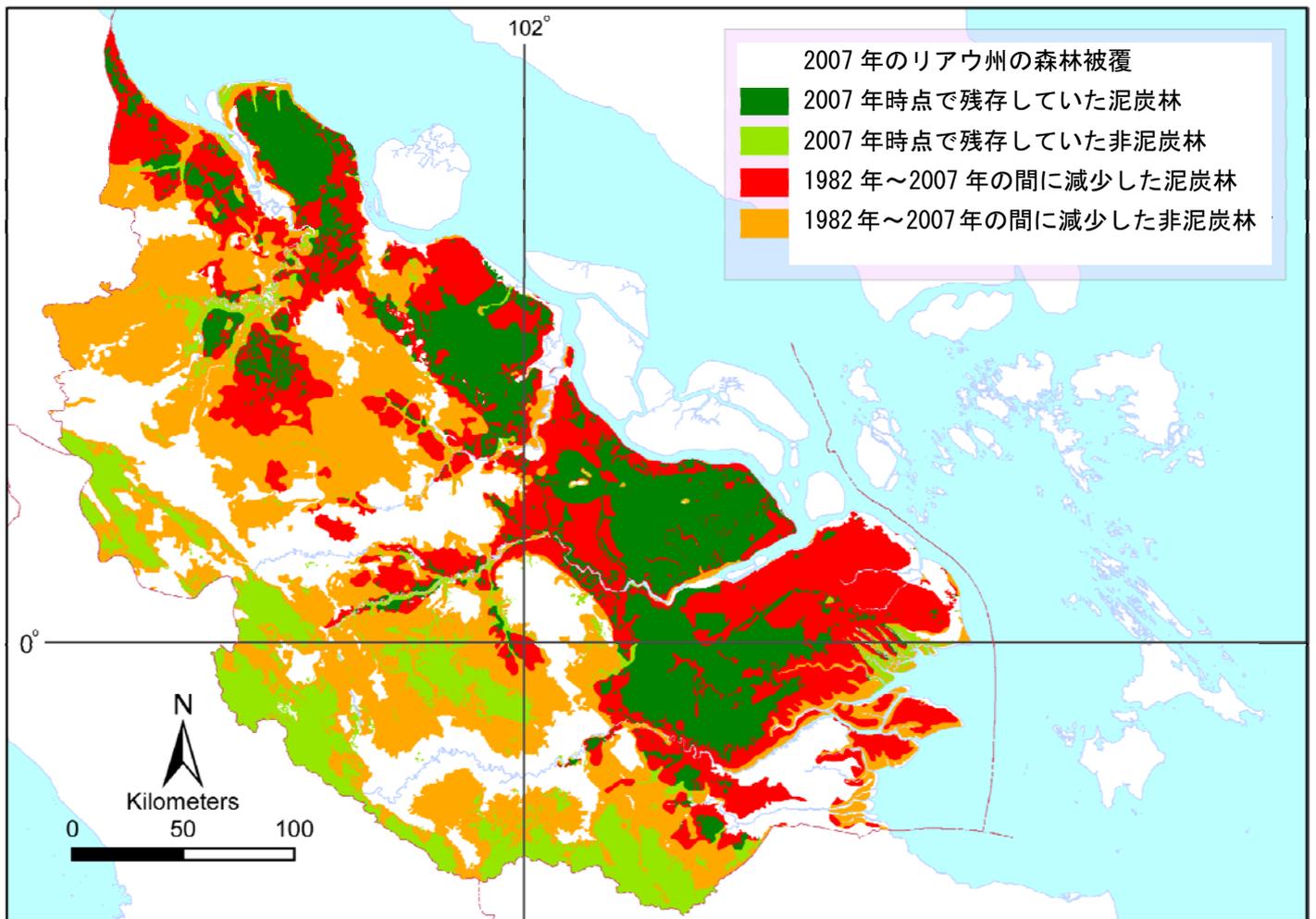
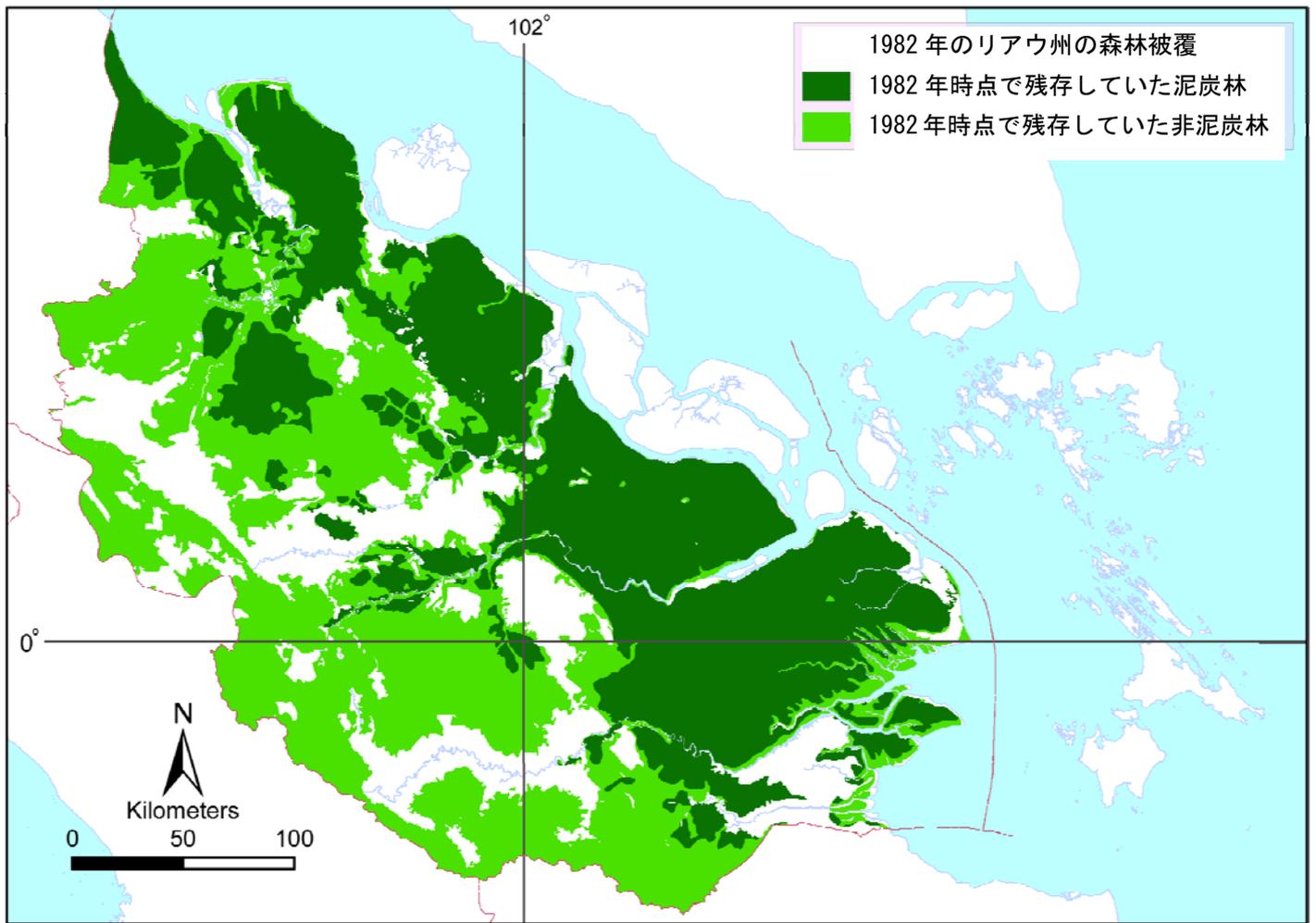


for a living planet[®]

Deforestation, Forest Degradation, Biodiversity Loss and CO₂ Emissions in Riau, Sumatra, Indonesia

One Indonesian Provinces's Forest and Peat Soil Carbon Loss
over a Quarter Century and its Plans for the Future

(日本語仮訳版)



Deforestation, Forest Degradation, Biodiversity Loss and CO₂ Emissions in Riau, Sumatra, Indonesia

One Indonesian Provinces's Forest and Peat Soil Carbon Loss over a Quarter Century
and its Plans for the Future

邦題：インドネシア、スマトラ島リアウ州における森林減少、森林劣化、生物多様性の喪失および二酸化炭素の排出 –インドネシアの一つの州での過去四半世紀の森林と泥炭土壌からの炭素損失とその将来–

WWF インドネシア テクニカルレポート
www.wwf.or.id
2008年2月27日

仮訳：WWF ジャパン

著者

Yumiko Uryu, Consultant for World Wildlife Fund, Washington DC, USA
Claudius Mott, Remote Sensing Solutions GmbH, Munich, Germany
Nazir Foead, WWF-Indonesia, Jakarta, Indonesia
Kokok Yulianto, WWF-Indonesia, Pekanbaru, Indonesia
Arif Budiman, WWF-Indonesia, Pekanbaru, Indonesia
Fumiaki Takakai, University of Hokkaido, Japan
Nursamsu, WWF-Indonesia, Pekanbaru, Indonesia
Sunarto, WWF-Indonesia, Pekanbaru, Indonesia
Elisabet Purastuti, WWF-Indonesia, Jakarta, Indonesia
Nurchalis Fadhli, WWF-Indonesia, Pekanbaru, Indonesia
Cobar Maju Bintang Hutajulu, WWF-Indonesia, Pekanbaru, Indonesia
Julia Jaenicke, Remote Sensing Solutions GmbH, Munich, Germany
Ryusuke Hatano, University of Hokkaido, Japan
Florian Siegert, Remote Sensing Solutions GmbH, Munich, Germany
Michael Stüwe, World Wildlife Fund, Washington DC, USA

表紙写真: Morning light in Bukit Tigapuluh dry lowland forest, Riau, Sumatra, Indonesia
©WWF-Indonesia/Sunarto

Quote as: Uryu, Y. et al. 2008. Deforestation, Forest Degradation, Biodiversity Loss and CO₂ Emissions in Riau, Sumatra, Indonesia. WWF Indonesia Technical Report, Jakarta, Indonesia.

Contact: yumuryu@yahoo.com, mott@rsgmbh.de, nfoead@wwf.or.id, kkkyulianto@yahoo.com,
abudiman@wwf.or.id, setiabudi@biotrop.org, takakai@chem.agr.hokudai.ac.jp, nsamsoe@yahoo.com,
sunarto@wwf.or.id, epurastuti@wwf.or.jp, nfhadhli@hotmail.com, cobar_h@yahoo.com,
jaenicke@rsgmbh.de, hatano@chem.agr.hokudai.ac.jp, siegert@rsgmbh.de, michaelstuewe@yahoo.com

日本語仮訳版

発行 : WWF ジャパン
東京都港区芝 3-1-14 日本生命赤羽橋ビル 6 階
Tel: 03-3769-1711 Fax:03-3769-1717
翻訳協力 : 大谷美奈、山田さつき
編集協力 : 馬淵永子
発行 : 2010 年 10 月

目次

1. 概要	2
2. イントロダクション	5
3. 謝辞	6
4. 背景	7
4. 1 森林減少と二酸化炭素排出	7
4. 2 リアウ州の森林減少の過去と未来	9
4. 3 危機にさらされているもの	10
4. 4 今後の展開	11
5. 調査地域	13
6. REDD – 森林減少	14
6. 1 1982年～2007年のリアウ州での森林減少	14
6. 2 リアウ州の保護区域における森林減少	17
6. 3 1990年～2007年のリアウ州 TNBTK 保全景観における森林減少	18
6. 3. 1 乾燥低地林と泥炭林の転換	19
6. 3. 2 樹冠密度の高い森林の転換	20
6. 4 2007年～2015年に予測されるリアウ州での森林減少	23
6. 4. 1 2015年のリアウ州の森林被覆予測	23
6. 4. 2 2015年までに予測されるリアウ州での森林転換	24
6. 4. 3 乾燥低地林と泥炭林の転換予測	25
6. 4. 4 2015年までに予測される樹冠密度の高い森林の転換	26
7. REDD – 森林劣化	28
7. 1 1990年～2007年のリアウ州 TNBTK 保全景観における森林劣化	28
7. 2 リアウ州の保護区域における森林劣化	28
8. 森林火災（1997年～2007年）	29
9. 生物多様性	37
9. 1 リアウの森林における多様性	37
9. 2 リアウのスマトラゾウの個体数と生息地の現状	39
9. 3 リアウのスマトラトラの個体数と生息地の現状	42
10. REDD – 排出	45
10.1 森林減少および地上バイオマス劣化による CO2 排出	46
10.1.1 1990年～2007年のリアウ州 TNBTK 保全景観における排出	46
10.1.2 1982年～2007年のリアウ州の土地被覆変化による排出	47
10.1.3 2007年～2015年のリアウ州での予想排出量	47
10.2 地下の泥炭バイオマスの分解および燃焼による CO2 排出	48
10.2.1 1990年～2007年のリアウ州 TNBTK 保全景観における泥炭分解による排出	48
10.2.2 1997年～2007年の、リアウ州における泥炭燃焼による排出	49
10.3 1990年～2007年のリアウ州 TNBTK 保全景観における総 CO2 排出	50
10.4 1990年～2007年のリアウ州における CO2 排出	52
11. 結論	54
12. 附録	59
13. 参考文献	73

1. 概要

スマトラ島中央部に位置するリアウ州には、広大な泥炭地が広がり、インドネシア最大の炭素ストックがあると考えられている。リアウ州に残る森林は、絶滅が心配されるスマトラトラヤスマトラゾウの生息地でもある。地球上でここにしか生息しないこれら固有種の個体数は、スマトラ島全体で激減している。

この報告書は、パルプ原料やパーム油採取のための自然林の減少や劣化を実証するとともに、それがリアウ州の広大で深い泥炭地の炭素に富む土壌の分解や燃焼をいかにして引き起こしたかを明らかにする。こうした状況により、世界的にも大量の二酸化炭素（CO₂）が放出され、またマラッカ海峡を越え、国境を越えて煙霧が流れているのが頻繁に報告されているのである。また、リアウの森よりも速く生息数の減少を続けているスマトラゾウやスマトラトラは絶滅の危機にさらされている。生息地である森林を奪われた野生生物と人間の軋轢が高まったことが主な原因と考えられる。

今回の調査では、1982年～2007年の過去25年における森林減少と劣化を分析した。自然林から他の用途に転換された土地をマッピングすることで、森林減少を引き起こしてきた要因を特定するものである。なお、当報告書における「森林」とは全て自然林を指し、自然林に取って代わった産業植林および農業プランテーションは含まない。

リアウ州の森林被覆は過去25年で65%減少した。その主因は、産業植林を実施する企業だが、植林用に皆伐した森林の大部分は未使用である。同州には90万ヘクタール近い「荒地」があり、自然林を新たに伐採しなくてもそこで産業植林やプランテーション開発が可能である。この調査では森林の減少と劣化、泥炭土壌の劣化と燃焼（皆伐のための故意の火の使用や、制御不能の飛び火、山火事）に関連する過去と未来の二酸化炭素排出量を推定した。

2015年までの森林減少については2つのシナリオを検証した。「現状維持」のシナリオでは、リアウ州の自然林被覆率が、2015年までに現在の27%から6%に減少すると予測される。もう一つのシナリオはリアウ州土地利用計画案が完全に実施された場合で、その場合リアウ州陸域の自然林被覆率は2015年までに15%への減少と予想される。新たな森林減少のうち84%は泥炭土壌で発生し、主に紙パルプ産業に起因すると考えられる（全森林減少の74%）。植林やプランテーションのために割り当てられている区画内の自然林が全て転換されると仮定すると、1982年以降2015年までに失われる全森林のうち、産業用アカシア植林への転換は36%（190万ヘクタール）、パーム農園は27%（140万ヘクタール）を占めることになる。もしプランテーション内で自然林が少しでも残るとすればどれ程残るのかは未知である。

森林の減少や劣化、泥炭土壌の分解や燃焼による二酸化炭素排出量は、リモートセンシングによる分析を基に推計した。1990～2007年のリアウ州における年間平均排出量は0.22 Gtで、2004年にインドネシアのエネルギー産業が排出した年間排出量の79%に相当する。多くのプロセスにおける炭素ストックや排出（貯蔵の減少）に関する詳細なデータが存在しない部分もあり、この推計は実際の排出量より大幅に少ない、あるいは多い可能性がある。ただし、全ての誤差や不確実要素を考慮しても、この結果は少なくとも二酸化炭素排出の規模の大きさについて正確に示していると考えられる。

2007年にバリで開催された気候変動枠組条約第13回締約国会議（COP13）では、森林の減少や劣化による二酸化炭素排出削減のために更なる行動を取る必要が急務であることを各国が確認し、作業計画が合意された。この作業計画では、森林被覆率の変化とそれに関連する温室効果ガス排出状況を評価し、森林減少による二酸化炭素排出の削減を実現し、その排出削減量を算定することに重点が置かれている。「回避された森林減少」に対する排出権取引のための財政的枠組みが作られ、国際的な補償基金が設立される予定である。森林減少の回避や水と土壌の保護、生物多様性の保全といった環境サービスの商業化を促進する堅実な政策を打ち出すことができれば、インドネシアの

林業の未来には明るい道が開けるはずである。環境貢献やカーボンクレジットの取引による利益が木材売買による利益と変わらなければ、より多くの森がコンセッション（伐採区画）保有者により守られる可能性が高まる。これはリアウ州の炭素ストック量が豊富な泥炭地森林やその地下土壌にも当てはまることである。こうした森林で守られる炭素ストックの取引価値は、自然林の従来の利用法が生む価値に匹敵するか、より高い可能性がある。

森林減少と森林劣化に関する主な調査結果

- 過去 25 年でリアウ州の森林は 400 万ヘクタール（65%）以上失われ、森林被覆率は 1982 年当時の 78%から今日の 27%まで減少した。2005 年から 2006 年にかけてのたった 1 年で、286,146 ヘクタール（11%）の森林が消えた。
- 過去 25 年で失われた森林のうち、29%はパーム農園、24%はパルプ材用の植林開発のために伐採され、17%はいわゆる「荒地（伐採されたが何の用地転換もされていない土地）」となった。
- 2 つの「出来事」が、リアウ州の紙パルプ業界による森林減少を減速させたと思われる。2000 年代初頭に発生した紙パルプ産業の債務不履行と、2007 年に入って行なわれた警察による違法伐採の大規模捜査である。捜査は今も続けられている。
- 調査地となったテッソ・ニロ〜ブキ・ティガプル〜カンパール保全景観はリアウ州の 55%を占めているが、その森林減少の 90%はまだ健全（40%以上の樹冠被覆率）な自然林の皆伐によるものだった。同景観内に作られたパルプ材用植林の 96%、パーム農園の 85%がそうした自然林を転換したものだ。
- 国立公園、野生生物保護区、禁猟区等、国が管理する保護区域では、比較的効果的に森林被覆が守られているが、州や地元が管理する保護区（カワサン・リンダン：Kawasan Lindung）ではそうではなかった。

生物多様性に関する主な調査結果

- この四半世紀で、リアウ州のスマトラゾウの個体数は、1984 年時点の 1067〜1617 頭から 2007 年までに最大 84%、わずか 210 頭前後まで減少したと推測される。この状況が改善されず、（テッソ・ニロの森と、ブキ・ティガプル国立公園付近のかつて伐採コンセッションであった）ゾウの生息する 2 つの大きな森林が保護されなければ、リアウ州の野生ゾウの個体数は存続が厳しく、絶滅への道を進むことになってしまうだろう。
- リアウ州のスマトラトラの個体数は、生息地の分断により、1982 年の 640 頭から 2007 年の 192 頭まで 70%減少したと推測される。所々に残る最後の生息地が野生生物のための回廊（コリドー）でつなげられない限り、リアウ州のトラの存続も不可能になってしまうだろう。

火災に関する主な調査結果

- 1997 年〜2007 年に、NOAA AVHRR（米国海洋大気庁の改良型超高分解能放射計）と MODIS（中分解能撮像分光放射計）の衛星画像上で、リアウ州では 72,000 回以上の火災（ホットスポット：火災発生地点）が記録された。リアウ州の 31%が最低 1 回は燃え、12%は複数回燃えたことになる。火災の再発は森の再生を妨げ、最終的に森林生態系を草地に変えてしまうため、熱帯雨林の生態系にとっては特に深刻な脅威である。
- 火災と森林減少には明らかに関連性がある。

- 殆どの火災は、樹冠密度が非常に低いか中程度までの森林で発生している。
- 国が管理する保護区域では、おそらく樹冠密度が比較的高いため、面積の 8%程度でしか火災が発生しなかった。

二酸化炭素 (CO₂) 排出に関する主な調査結果

- 1990 年～2007 年にリアウ州で排出された二酸化炭素の総量は 3.66 ギガトン (Gt) CO₂ と推計される。その原因には森林の減少や劣化、泥炭の分解や燃焼が含まれ、結果としてインドネシアは世界有数の炭素排出国の 1 つに数えられている。17 年間の同州の総排出量は、2005 年に EU 全体が排出した年間総量をも超える (LULUCF (土地利用、土地利用変化及び林業部門) からの排出・除去を含む)。森林から転換されたアカシア植林やパーム農園での炭素隔離は 0.24 Gt CO₂ だった。
- 1990 年～2007 年のリアウ州における森林の減少や劣化、泥炭の分解や燃焼による二酸化炭素排出の年間平均は 0.22 Gt で、オーストラリアの年間総排出量の 58% (2005 年の LULUCF からの排出・除去を含む)、イギリスの同 39%に相当し、オランダの年間総排出量を超え (122%)、2004 年にインドネシアのエネルギー産業が排出した年間総量の 79%に匹敵する。
- 1990 年～2007 年のリアウ州の年間総排出量は、世界 4 位の産業国であるドイツが京都議定書の目標達成のために削減した量をも上回る。
- リアウ州土地利用計画案がそのまま実施された場合、2015 年までに森林減少だけで更に放出される二酸化炭素は 0.49 Gt と推測される。「現状維持」が続けられた場合は、その倍の量が放出されると考えられる。泥炭の分解や燃焼による排出はこの推計には含まれていない。
- 1990 年～2007 年のリアウ州における森林の減少や劣化、泥炭の分解や燃焼による二酸化炭素の平均年間排出量は、京都議定書の付属書 I 国が 2008～2012 年という第 1 約束期間に目標とする温室効果ガス (GHG) 年間削減総量の 24%に匹敵する。
- 世界中のパーム油や紙の消費がリアウ州の森林減少の原因となっている。気候変動にも追討ちをかけていると考えられる。投資が森林減少の回避のために行われるなら、二酸化炭素排出削減ははるかに効果的に加速するだろう。
- 「荒地」にのみプランテーションの建設を許可し、更に REDD (森林減少と森林劣化による排出の削減) の仕組みを構築することで、世界中の人為的要因による二酸化炭素排出のバランスが改善されることは疑いの余地がない。

2. イントロダクション

インドネシアのスマトラ島中央部に位置するリアウ州の生態系は、地球上でも有数の生物多様性を誇り、近絶滅種のスマトラトラや絶滅危惧種のスマトラゾウ等の固有種の生息地となっている。比較研究の結果、リアウ州テッソ・ニロの乾燥低地林では、維管束植物種の多様性が全大陸の 1,800ヶ所の熱帯林調査点¹で最も高く、他のインドネシアやスマトラ島内の森よりも生物多様性が高いことがわかった²。WWF は、世界中で優先度の高い保全地域を「グローバル 200 エコリージョン」として選定するにあたり、リアウ州の乾燥低地と泥炭地森林を「スマトラ島の低地林と山地林³」と「スンダ地方の河川及びその流域⁴」の一部として含めた。WWF は 1999 年からリアウ州で活動しており、スマトラトラとスマトラゾウ及びその生息地、特にリアウ州本土の約 55%を占めるテッソ・ニロ〜ブキ・ティガプル〜カンパール保全景観⁵（赤道上東経 102 度）の熱帯自然林の保護に努めてきた。



北スマトラ付近のリアウ州から厚い煙が立ち上り、マレーシアへ流れる。

(2005 年 MODIS 撮影) © NASA 2005

これらの生物とその生息地である熱帯林は、急激で大規模な森林減少により非常に深刻な脅威にさらされている。しかし、リアウ州の森林減少の問題は生物多様性の消失だけではない。最近では、インドネシア、特にリアウ州での森林の減少や劣化、泥炭の分解や燃焼による温室効果ガス排出の世界的影響がますます注目を集めている。自然林と泥炭土壌は共に、長期的、半永久的に炭素ストックが可能な重要な場所であり、泥炭土壌ではその上に育つ熱帯林の 30 倍もの炭素が貯蔵できる⁶。ただし、泥炭土壌の安定性とその長期的な炭素ストックの可能性は、その上を覆う自然林の健全度にかかっている。森や泥炭土壌の火災は、こうした炭素ストック地からの急激な二酸化炭素排出の最も劇的かつ明白な原因であり、その排出の根本原因は森林減少なのである。

WWFⁱはジカラハリ（Jikalahari）リアウⁱⁱとワルヒ（Walhi）リアウⁱⁱⁱという地元の 2 つの NGO ネットワークと、合同プロジェクトである「アイズ・オン・ザ・フォレスト（www.eyesontheforest.or.id）」を通して時に緊密に協力しながら、リモートセンシングによる調査や実地調査を行い、リアウ州のゾウやトラと自然林の状態、それらへの脅威、森林の減少と劣化を引き起こしている原因をモニタリングしてきた。そして森林被覆の現状と過去の変化の経緯を詳細に分析し、土地利用区分策定プロセスとの関連付けをした。

この報告書は、リアウ州における植林と農園開発と、森林減少や生物多様性の消失及び二酸化炭素排出の憂慮すべき関連性を明らかにする。それに加え、スマトラの 1 つの州で過去 25 年間に見られた土地利用の変遷の事例研究を行い、実際の REDD の定義作成プロセスをサポートするべく、インドネシア REDD^{iv}の試験的運営や REDD に準ずる有志プロジェクトに対してこの地域特有の情報提供を行うことを目的としている。著者の願いは、インドネシアでの REDD や有志出資者の活動が、リアウ州その他の州における更なる森林減少や劣化を食い止めるインセンティブとなり、リアウ州で発生している気候変動への悪影響や、毎年発生する大規模火災による健康上かつ、経済的悪影響が軽減され、森林の貴重な生物多様性が維持され、スマトラゾウやスマトラトラの生存が確保されることである。

ⁱ www.wwf.or.id

ⁱⁱ www.jikalahari.org

ⁱⁱⁱ www.walhi.or.id

^{iv} REDD: 森林減少と森林劣化による二酸化炭素排出の削減

この報告書には以下の内容が含まれる。

- 過去四半世紀（1982年～2007年）のリアウ州における森林減少と森林劣化の詳細記述。森林減少の原因特定。2つのシナリオ（「現状維持」と2007年5月立案の「リアウ州土地利用計画案の実施」）に基づいた2015年までの森林減少の予測。
- 森林減少および劣化による生物多様性消失の詳細記述と、将来の消失予測。
- 過去四半世紀における森林減少および劣化、泥炭の分解や焼失による二酸化炭素排出量の推算。上記の2つのシナリオに基づいた将来の森林減少による二酸化炭素排出量の予測。

3. 謝辞

本報告書の作成にあたり、多くの方にご協力をいただきました。ここに心より感謝の意を表します。ユルキ・ヤウヒアイネン博士（Dr. Jyrki Jauhiainen）からは多くの貴重なご意見をいただき、サービジョンからはインドネシアの森林減少を示す地図を提供いただきました。ケン・クライトン、スハンドリ、ロド・テイラー、アダム・トマーシェク、ヤン・ウェルテフィーユ各氏にはその多くのご意見と活発な議論に感謝申し上げます。この調査にはWWFアメリカから資金提供いただき、また更なるデータ解析のためにWWFインドネシア、WWFドイツ、WWF AREAS（Asian Rhino and Elephant Action Strategy）及び希少生態系のためのパートナーシップ基金（Critical Ecosystems Partnership Fund）から資金を提供いただきました。

4. 背景

4. 1 森林減少と二酸化炭素排出

世界の温室効果ガス（GHG）排出の約20%は世界的な森林減少が原因であり、インドネシアやブラジルなど世界でも最も生物多様性の高い地域で起こっていることが多く、そうした地域での森林減少による排出は森林減少による全排出量の54%に上る⁷。もしインドネシアでの森林減少が今のままの速度で2012年まで続いたとすると、森林減少による二酸化炭素排出量は、京都議定書の附属書I国による第1約束期間の年間排出削減目標の40%近くに相当する⁸。

インドネシアの2000年のLULUCF（土地利用、土地利用変化及び林業部門）による排出は2,563 Mt CO₂⁹と推計されており、世界のLULUCFによる排出の34%¹⁰となる。その殆どは森林減少および劣化によるものである⁹。更に、最近の予備調査によると、インドネシアの泥炭の分解と燃焼による二酸化炭素の年間排出量は約2,000 Mt CO₂e¹¹と推測される。その多くは突き詰めれば森林減少により発生したものである。これら2つの要因と、エネルギー、農業、廃棄物の各分野の温室効果ガス排出（合計451 MtCO₂e⁹）が相まって、インドネシアの温室効果ガス年間総排出量は約5,000 MtCO₂eに上った（図1参照）。これは中国の年間排出量（5,017 MtCO₂e）にほぼ匹敵する。より多く排出した唯一の国はアメリカである（6,005 MtCO₂e）⁹。

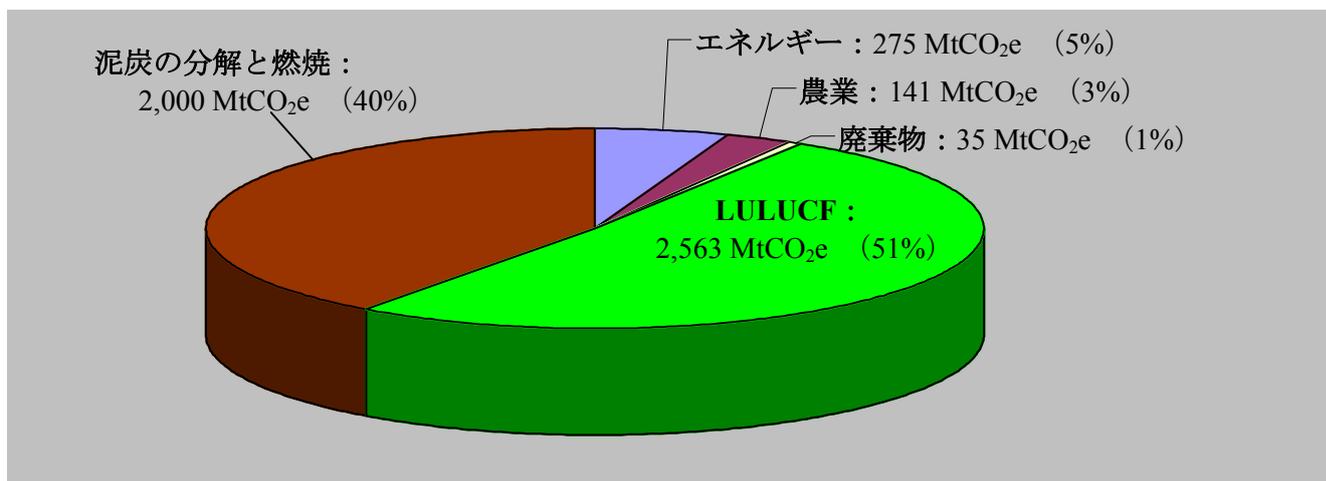
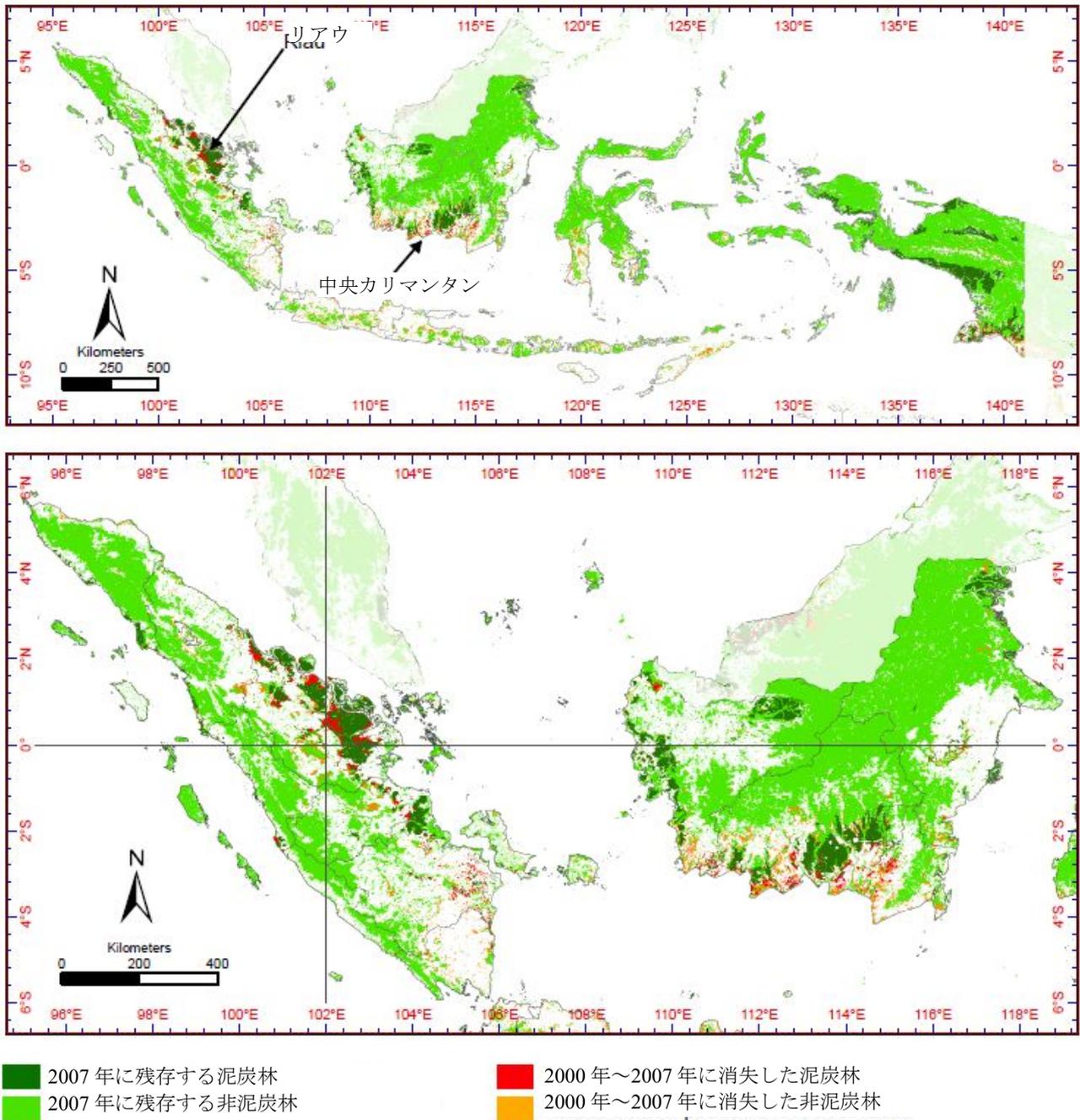


図1.—インドネシアの温室効果ガス排出源（データ：エネルギー分野は2004年、農業部門は2005年、廃棄物分野は2005年、LULUCFは2000年^{9 11}）

世界レベルでも国レベルの議論でも、スマトラのリアウ州は、インドネシアの REDD の仕組みに関するあらゆる意思決定において鍵となる。それには以下の3つの理由がある。

1. インドネシアにおいて、リアウ州は近年最も速く森林減少が進んでいる場所の1つであり（地図1 a、b 参照）、最近の森林減少の多くは州内でも炭素の多い脆弱な泥炭土壌で発生している。LULUCF や泥炭からの排出により、結果として同州はインドネシア全体の温室効果ガス排出量の底上げを引き起こした。
2. 泥炭土壌の総量やそこに貯蔵されている炭素量については、リアウ州は東南アジアで群を抜いている。インドネシアの泥炭地面積は世界第4位の大きさで、およそ3,000~4,500万ヘクタールであり、世界の泥炭地の10~12%を占める¹²¹³。リアウ州の泥炭地面積はインドネシアで2番目に大きい400万ヘクタールである¹⁴。同州の泥炭土壌は10メートルの深さに及ぶ所もあり、インドネシアで最大の炭素ストック、14.6ギガトンにのぼると考えられている（全泥炭炭素の約43%がスマトラ、カリマンタン、パプアに貯蔵されていると推計される¹⁴）。リアウ州には（今でも）インドネシアでパプアに次ぐ広さの泥炭林があり、非常に深い泥炭の上に広大な泥炭林が残存している場所もある（地図1 a、b 参照）。これらの泥炭林は森林減少の脅威に直面しており、森林が失われれば同州は引き続きインドネシアの温室効果ガス排出の大きな根源となってしまう。

3. 今日のリアウ州の森林減少は主に植林や農園開発などの産業プランテーション企業に起因している。REDDの仕組みにより同州での森林減少が回避されたとしても、そうした企業は、事業計画実現のために必要な木材供給源やプランテーション開発のために代替地を探すであろうから、結果としてインドネシアや世界の他の地域で同じことが起きてしまう可能性がある。効果的なREDDの仕組み作りでは、「企業による炭素リーケージ」を阻止する必要がある。



地図1 a、b—2000年～2007年のインドネシアにおける泥炭湿地(赤)と非泥炭湿地(オレンジ)での森林減少。2007年6月時点で残存する泥炭湿地(緑)と非泥炭湿地(黄緑)上の森林。地図1bはスマトラ島とボルネオ島の拡大図。地図はサービジョンの提供で、ワゲニンゲン大学(Wageningen University)とインドネシア林業省の協力による250-1000 m解像度のMODIS/SPOTベジテーション衛星画像を用いた、サービジョン開発のREDDモニタリングシステムを基に作成されている。サービジョンはこの地図を3ヶ月毎に更新している。

4. 2 リアウ州の森林減少の過去と未来

リアウ州の森林減少と劣化は、合法か違法かに関わらず、破壊的な伐採や皆伐をする様々な関係者が居住地開発やインフラ整備、農業等を目的として引き起こしている。しかし、紙パルプとパーム油産業の急速な拡大による森林転換の速度やその徹底さにかなうものはない。1982年～2007年の間に、この2つの産業だけでリアウ州の約200万ヘクタールの自然林を転換した。

地元では、リアウ州は地上と地下両方のオイルに恵まれていると言われている。リアウ州沿岸の泥炭地での原油探査は1930年代に始まった。その50年後に大規模なパーム油栽培が始まったのは、リアウ州での急速な森林転換により、パーム油農園がインドネシアの他のどの州よりも多くなったことによる¹⁵。しかしこの10年で、パーム油産業にとっては強力な競争相手がリアウ州で台頭してきた。紙パルプ産業である。1990年以降、アカシア植林開発のための森林減少はパーム農園開発の規模に追いつき、2000年にはついに追い越してしまった。WWFが提唱する、リアウ州の55%を占めるテッソ・ニロ〜ブキ・ティガプル〜カンパール保全景観においては少なくともそれが実状である。



リアウ州、APP社の製紙工場でパルプにされる丸太の貯木場 © WWF Indonesia



地球上でも有数の植物の多様性を誇るリアウ州の熱帯雨林から切り出され、APP社のパルプ工場に運ばれる木材 © WWF Indonesia

世界最大規模の2つのパルプ工場をアジア・パルプ・アンド・ペーパー社（APP）とアジアパシフィック・リソーセズ・インターナショナル（APRIL）社は所有しており、それぞれ年間200万トン以上の産出能力を持ち、両方ともリアウ州で操業している。この2社でインドネシアのパルプ生産量の3分の2以上を占め¹⁶、今日“所有”している伐採権のある森林区画（コンセッション）は、830万ヘクタールあるリアウ州本土の約25%に上ると推計される。これほどパルプ材コンセッションの多い州はインドネシアでも他にない¹⁷。アカシア植林やパーム農園開発のために皆伐される自然林がどこであれ、そこで伐採された立木はこの2社のパルプ工場のどちらかに搬入される。両社とも長年事業を展開しているにも関わらず、違法¹⁸、あるいは合法的でも破壊的な、大規模な自然林皆伐による木材資源に大きく依存し続けている。WWFの推定では、リアウ州の2社のパルプ工場操業に必要な木材調達のために、2005年だけで約17万ヘクタールの自然林が皆伐された¹⁹。これは2004年～2005年に衛星画像で探知されたリアウ州での森林減少の約80%に相当する。

インドネシア、そしてリアウ州の自然林に対する紙パルプ産業からの伐採圧は今後も高まり続けると考えられる。インドネシア政府は、2009年と2014年までにそれぞれ500万、900万ヘクタールのプランテーション（殆どがパルプ材用）開発を目指す中長期目標を設定している。2004年には、パルプ材植林のための区画²⁰は407万ヘクタールだったが、林業省発表によれば実際にはそのうち150万ヘクタールしかパルプ向けの単一樹種植林に使われていない²¹。同年、林業省は、パルプ材のための植林開発を加速し、2009年までに予定されている全ての皆伐を完了するよう求めた²²。同時に、政府規制では荒廃地、草地、低木地などのいわゆる「荒地」にのみパルプ材プランテーションの建設を認めている^v。

^v 2007年1月発効新政府規制。非生産的な森林（unproductive forest）にのみ木材プランテーションの建設を

4. 3 危機にさらされているもの

パルプ産業がアカシア植林を開発している場所は本当に「荒地」なのだろうか？ そうだとしたら、国のパルプ材植林開発目標の達成のために必要な「荒地」は十分にあるのだろうか？ そうでなければ、リアウ州は更なる森林減少に耐えられるのだろうか？ あとどれだけの森林が消失しても持続性が維持できるのだろうか、そして世界の気候への影響はどの程度あるのだろうか？ リアウのトラヤゾウはどこへ行くことになるのだろうか？ 地球上でも有数の生物多様性があり、大部分が手付かずのリアウの森林がもたらすであろう製薬資源を失うなどという事態を、人々は受け入れられるのだろうか？



リアウ州、カンパール半島の泥炭林の大部分は今後全て伐採される予定である。© WWF Indonesia

リアウ州のテッソ・ニロの森は、同州の森林減少や種の絶滅を引き起こしている様々な要因を凝縮した場所といえる。1985年には、テッソ・ニロの森林被覆は連続しており、50万ヘクタール近くの広大さで、多くの択伐用コンセッション（HPHとして知られる）に区分けされていた。過剰伐採と結果としての択伐林業の崩壊により、HPHは再区分された。伐採許可証はまずパーム油用、その後多くがパルプ材用コンセッションの許可証に取って代えられ、樹冠密度の高い多くの自然林も農園や植林地に転換された。テッソ・ニロには、まとまった自然林は今では約11万ヘクタールしか残っていない。また、紙パルプ産業が作った幅の広い林道網や延々と続く多くの作業道により、2,500世帯以上が森の奥深くに進入し、更に森を切り開く状況となっている。「不動産」ディーラーは、所有してもいない森の多くの土地を売り払った。こうした森を守るはずの既存の法律は執行されなかった。

1999年、WWFインドネシアが絶滅危惧種のスマトラゾウを絶滅から守る方法を求めてリアウ州に入ったとき、テッソ・ニロの森は同州のゾウに残された最高の生息環境だった。それまで既に森林の消失によって、1984年²³には1,067～1617頭いた群れは1999年²⁴に約700頭まで縮小していた。その後の懸命の努力にも関わらず、2007年時点²⁵でリアウ州に残るゾウは210頭程しかいないとWWFは推定している。

認めるもの。

パーム農園とその経営は、人間とゾウの衝突によるゾウの死亡の根本的な原因の1つである。ゾウはオイルパームの採食を好むため、作物が荒らされるのを嫌う農家や企業と衝突する結果となり、ゾウも死に、人も死ぬ。自然林が分断されるほど、**自然林**と進出してきたパーム農園の接線は長くなり、より多くの衝突が発生する。**2000年～2006年**の間、そうした衝突のため「問題のゾウ」として政府が公式に捕獲した際あるいはその後に、**200頭**を超えるゾウが死亡したり「消えた」証拠をWWFは発見した²⁶。しかし、リアウ州のゾウの死亡原因はそうした衝突だけではなく、密猟者もまたゾウを殺す。林道の開設によって、過去には入ることが不可能であった**自然林**の中に、不法侵入や違法伐採を行う者がはるかに容易にアクセスできるようになった。密猟の機会は存分にあるのである。現在、リアウ州でゾウの絶滅を防ぐために十分な広さを持つと思われる森林は**2つ**しかない。テッソ・ニロの森と、ブキ・ティガプル森林区域の緩斜面である。しかし両方とも森林転換の深刻な脅威にさらされている。

近絶滅種のスマトラトラもスマトラゾウと似た道をたどっている。生息地の森の多くが消失したため、一部のトラはパーム農園他のプランテーションの近くに豚を狙って近づくことがある。その際に作業員と遭遇し、人間が負傷、死亡することがある。そうした脅威を取り除くため、人間は執拗にトラを追い込み、捕獲し、殺して皮や骨などの部位を売買する。国際的なトラ専門の科学者グループは、ブキ・ティガプル森林区域を世界的に重要なトラ保全地域に分類し、リアウ州のカンパール、ケルムタン (Kerumutan) 両地域の泥炭地を地域的に重要な場所、そしてテッソ・ニロとリンバン・バリ (Rimbang Baling) を長期的な優先保護地域に分類している²⁷。これらの森がなくなればリアウ州のトラは絶滅を免れない可能性があるが、この全てが用地転換の脅威に直面している。

2000年以降、森林転換はリアウ州の泥炭地で集中的に行なわれるようになった。長く深い運河が泥炭湿地を切り裂いている。合法、違法のいかに関わらず、伐採者が森に入って木を切り水路を使って丸太を搬出できるようにするため、時には**1メートル**の深さに及ぶ水路を作る。泥炭が沈下し、乾燥した土はリアウ州の火災の一番の原因となる。火はスマトラ中部を覆い、その煙が数週間も隣国のシンガポールやマレーシアに流れていく。それは何年も続いており、膨大な量の二酸化炭素の排出を加速している。泥炭火災は人々の生活にも大きく影響し、貧困を招いていると思われる。泥炭地では、インドネシアの他の低地に比べ**4倍**近い貧困率となっている。火災により病気も増え、インドネシアの泥炭地に住む子供の約**30%**が煙を吸い込むことで呼吸器に疾患を抱え、成長が阻害されている²⁸。



パルプ用木材が水路に浮かび搬出を待つ。隣には泥炭林が広がるがこの区画もじき皆伐されアカシア植林に変わる。© WWF Indonesia

4. 4 今後の展開

危機にさらされているのは、地元や地域の経済、トラやゾウ、貴重な生物多様性、泥炭地に住んで人々の（伝統的生活、先住民の人々を含む）地域社会、水の供給と沿岸部の保全、そして地球の気候である。容赦ない自然林の搾取からこれらをどうやったら守れるのだろうか？森林転換のライセンスやその合意が産業プランテーション企業に与えられるときに、こうした危機にさらされているものの価値が経済の方程式の中で変数としてどのように考慮されるのだろうか？

2007年の国連気候変動枠組み条約締約国会議 (UNFCCC COP 13) で大きな論点の一つになった

のは、「発展途上国の森林減少による二酸化炭素排出の削減」(REDD)に関する政策過程のための政治的な枠組みだった。締約国は、森林の減少や劣化による二酸化炭素排出削減のために更なる取り組みが急務であることを確認し、方法論を検討するための作業計画を採用した。その計画では、森林被覆の変化やそれに伴う温室効果ガス排出量の評価、森林減少による排出削減を実現する手法、その排出削減量の算定に重点的に取り組む。締約国はまた、「緩和」、「適応」の両方の意味で、2012年以降の気候変動に関するレジームにおいて REDD は重要な要素であると合意した。今後は「回避された森林減少」に由来する排出権取引のための財政的枠組みが作られ、国際的な基金が設立される予定である。

現在、京都議定書の第1約束期間では、新規植林と再植林のみを気候変動緩和のメカニズムとして認めている。インドネシア政府は、国内全域の森林減少や劣化を食い止め、二酸化炭素の排出を削減するために REDD 導入にコミットできるだろうか？そして、自然林を皆伐するよりも保全したほうが利益性が高いように、REDD で自然林がもたらすサービスの価値を適切に評価することはできるだろうか？

5. 調査地域

森林減少、火災、二酸化炭素排出に関する今回の調査では、インドネシア、スマトラ島中央部の北東側沿岸にあるリアウ州本土、約 830 万ヘクタールの地域を対象にした。マラッカ海峡の対岸にはシンガポール市がある（赤道上東経 102 度）。森林劣化や転換のより詳細な分析は、WWF インドネシアがリアウプログラムを展開している、リアウ州本土の約 55%にあたるテッソ・ニロ〜ブキ・ティガプル〜カンパール保全景観（TNBTK 保全景観）約 450 万ヘクタールに対して行った（地図 2）。



地図 2.—東南アジア、スマトラ島のリアウ州、テッソ・ニロ〜ブキ・ティガプル〜カンパール（TNBTK）保全景観



リアウ泥炭地でのトラ調査
© WWF- Indonesia/Sunarto

6. REDD – 森林減少

この調査では、1982年～2007年という四半世紀の間に起こったリアウ州での森林減少を分析した。森林減少の原因を特定し、伐採された自然林でどのような土地転換がされたか、そしてどの土地利用区画でそうした変化が起こったかを明確にした。最後に、「現状維持」と、現在リアウ州議会に送られる手前で討議されている「リアウ州土地利用計画案の実施」という2つのシナリオについて、2007年～2015年に起こりうる森林減少を予測した。

第10章では、森林減少と炭素損失を関連付け、過去の二酸化炭素排出を算定し、未来の排出量を予測している。

6.1 1982年～2007年のリアウ州での森林減少

「森林」の定義として、樹冠被覆率が10%以上の原生林が存在する地域を森林とした（国連食糧農業機関（FAO）の森林の定義に準ずる）²⁹。ここで「森林」には、アカシア植林やパーム農園といったプランテーションは含まれていない。また、二次林も含まれていない。そしてリアウ州の830万ヘクタールの本土について、1982年^{vi}、1988年^{vii}、1996年^{viii}、2000年^{ix}、2002年、2004年、2005年、2006年、2007年の各年での「森林と非森林」の被覆をマッピングした。また、国際湿地保全連合によるリアウ州の泥炭地の地図に基づき、泥炭地林と非泥炭地林を区別した³⁰（附録1）。

1982年～2007年の間に、リアウ州本土では原生林の65%（4,166,381ヘクタール）が失われ、森林被覆は6,420,499ヘクタール（本土の78%）から2,254,118ヘクタール（同27%）に減少した。同州の泥炭土壌からは森林の57%（1,831,193ヘクタール）が消失し、非泥炭土壌からは73%（2,335,189ヘクタール）の森が失われた（図2、地図3 a-h）。非泥炭土壌での森林減少は減速しているが、泥炭土壌での森林減少は加速している（図2）。

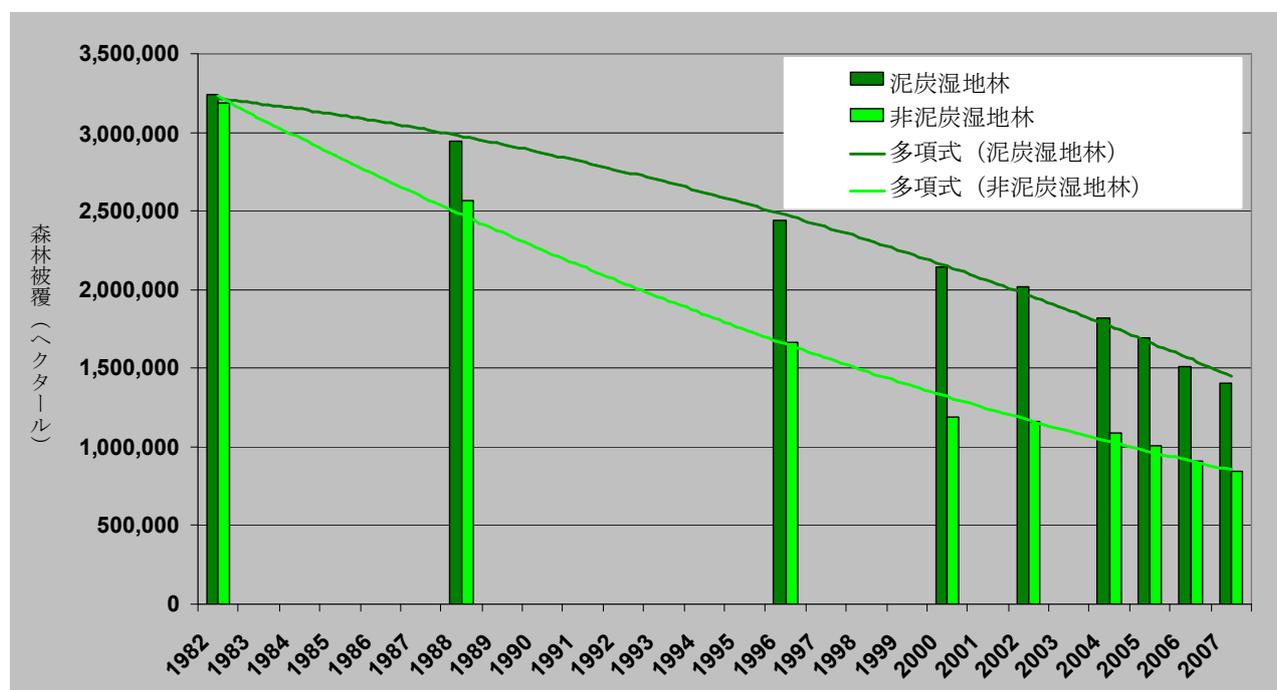


図2.—1982年～2007年のリアウ州本土の泥炭地、非泥炭地の森林被覆。森林減少の傾向を示すため、二次の多項式回帰分析を用いた（両方とも $R^2 > 0.99$ ）。

^{vi} 国連食糧計画、世界自然保全モニタリングセンター

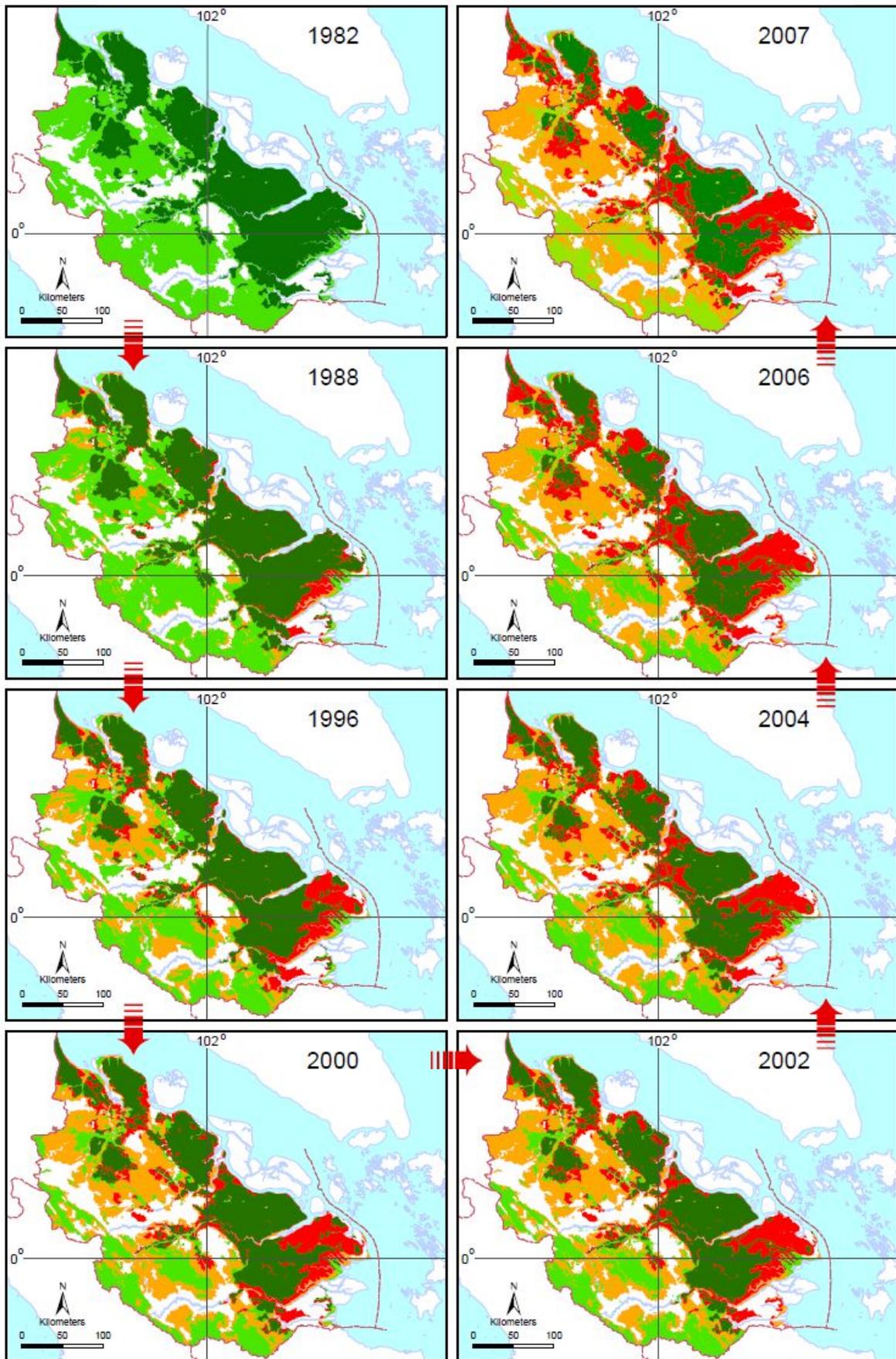
^{vii} インドネシア林業省

^{viii} インドネシア林業省

^{ix} WWFによる2000年以降のランドサット画像解析

残存する泥炭湿地林
残存する非泥炭湿地林

1982年以降消失した泥炭湿地林
1982年以降消失した非泥炭湿地林



地図 3 a ~ h.—1982 年～2007 年のリアウ州本土の泥炭地、非泥炭地における森林減少

1982年から2000年にかけて、泥炭地、非泥炭地ともに森林減少の年間平均は着実に増加した（図3）が、2000年～2002年にかけては突如減少量が低くなった。この数年はインドネシアの紙パルプ産業にとって重要な年だった。というのも、国内最大の紙パルプ製造業者であるAPP社とAPRIL社の両社とも国内外の債務不履行に陥り、全ての投資が停止したのである。両社は2つの世界最大規模のパルプ工場をリアウ州で操業している。

2002年～2006年には森林減少は着実に増え、2004年～2005年の年間平均の森林転換率は、1996年～2000年と同等レベルに達した（図3）。2005年～2006年にかけての森林減少は286,146ヘクタールで、たった1年で11%の森林被覆の損失である。しかし2005年～2006年と2006年～2007年を比較すると、森林減少量が37%減っている。2007年もリアウ州のパルプ産業にとっては特筆すべき年となったのである。2月に、州内の紙パルプ産業による違法伐採に対する警察の大規模な捜査のため、州内の森林転換が事実上一時停止となったのだ³¹（図3）。

2000年まで、森林減少率は泥炭地より非泥炭地の方が高かったが、非泥炭地の森が少なくなるに連れ、泥炭地での森林減少が加速し始め、逆転傾向となった（図3）。

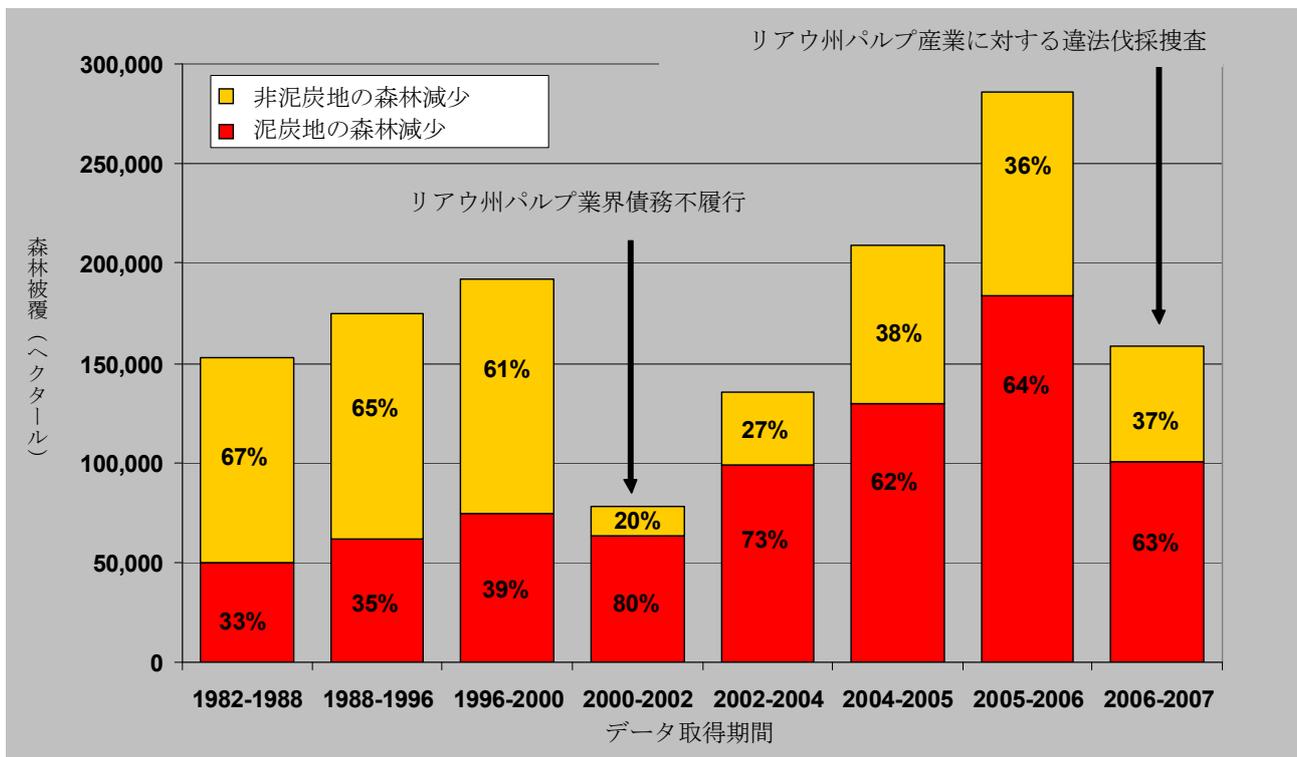
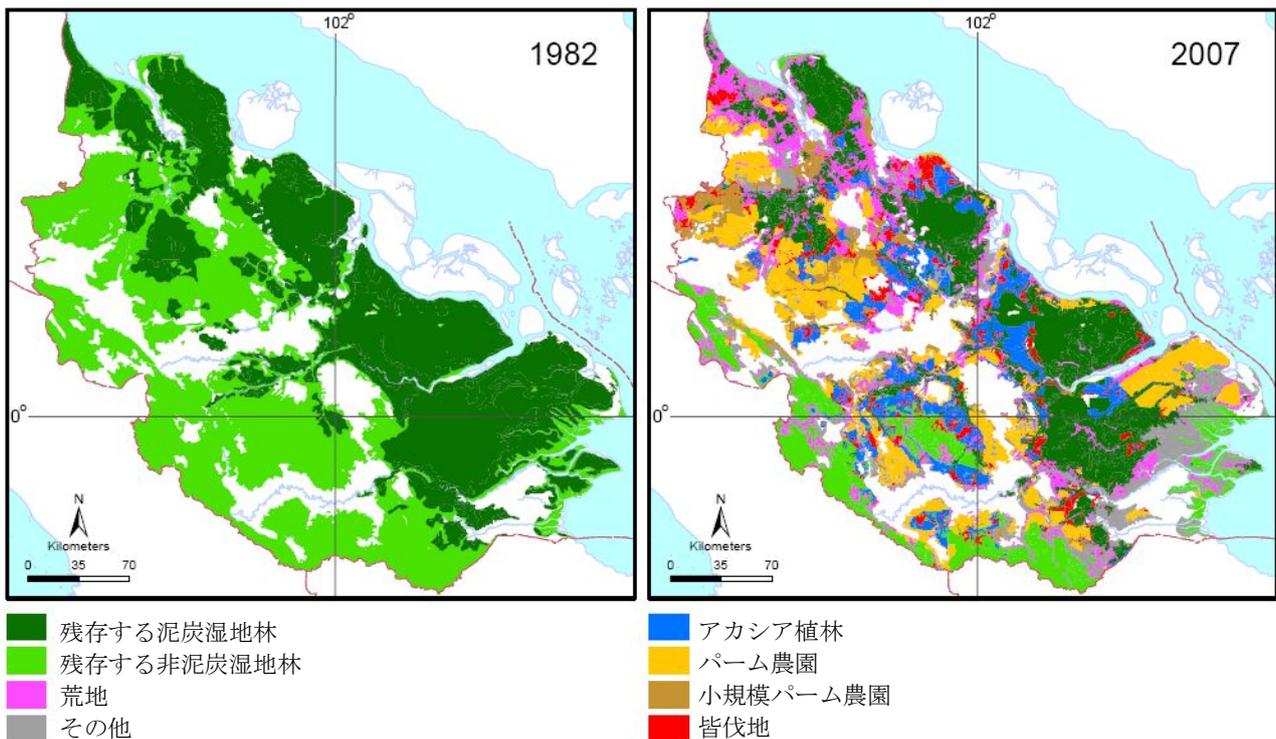


図3.—1982年～2007年のリアウ州本土の泥炭地、非泥炭地の年間平均での森林減少

2007年までにリアウ州の土地被覆は劇的に変化した。かつて1982年には大きな森が一带に広がっており、リアウ州本土の78%を覆っていたが（地図4a）、森林被覆率は27%まで減少し、殆どの場合産業植林・プランテーションや荒地によって8つの主要な森林区域に分断されてしまった（地図4b）。リアウ州の森林減少を引き起こしてきたのはパーム油と紙パルプ産業である。1982年から2007年の間に、皆伐された森林の28.7%（1,113,090ヘクタール）はパーム農園に転換されたかパーム農園のために皆伐され、24.4%（948,588ヘクタール）はパルプ材用のアカシア植林に転換されたかアカシア植林のために皆伐された。いわゆる「荒地」（森林が伐採されたが、特定の作物栽培のために伐採されたわけではなく、用地転換もされていない土地）に変わったのは17.0%（659,200ヘクタール）である。その多くは北スマトラとの境界近くのリアウ州北部に集中している（地図4b）。皆伐された森林の残りの29.9%は、小規模のパーム農園に転換された（7.2%）か、今回の解析で将来の用途目的が判断不能と分類された新たな皆伐地（4.6%）か、インフラ、ゴムやココナッツその他農園など（18.1%）その他の用途に転換された。



地図 4a、b.— (a) 1982 年のリアウ州本土の泥炭地（緑）と非泥炭地（黄緑）の森林 (b) 2007 年に残存した泥炭地と非泥炭地の森林及び 1982 年以降 2007 年までに森林から転換された様々な用途の土地

6. 2 リアウ州の保護区域における森林減少

現在施行されているリアウ州土地利用計画（RTRWP 1994）によると、リアウ州本土のうち、6% はインドネシア政府が管理する保護区域であり（附録 2、リアウ州内にある保護区と、保護区設立年あるいはそれに近い時期の森林被覆）、22%は州または地方が管理する保護区域（Kawasan Lindung、カワサン・リンダンと呼ばれる）となっている。国の保護区域では、指定された時点で平均 90.3%の森林被覆があり、一方 1994 年に指定された地方管轄の保護区域では、1996 年時点の森林被覆率は 81.1%だった。

全く保護されていない区域に比べると、地方や国レベルで管理される保護区域では、2007 年までの自然林の消失は非保護区域に比べかなり少なかった（図 4）。

- 保護区域指定後の森林減少率については、州管理の保護区域での減少（269,188 ヘクタール、18.7%の消失）よりも国が管理する保護区域での減少が少なかった（36,588 ヘクタール、7.3%の消失）。
- どちらの保護区域においても、森林が更地にされたが他の作物の栽培地に転換されなかった荒地が、非森林の土地面積としては最大だった（合計 214,237 ヘクタール）。
- 保護区域内の森林転換率では、パルプ材用のアカシア植林のための土地転換が、他のどの樹種／作物よりも高かった。州の保護区域では 7.7%（136,215 ヘクタール）、国の保護区域では 3.1%（17,236 ヘクタール）となっている。
- アカシアに次いで転換率が高かったのはオイルパーム（大規模、小規模農園共に）で、州の保護区域では 5.7%（101,596 ヘクタール）、国の保護区域では 3.2%（18,056 ヘクタール）だった。
- 大規模産業用パーム農園やアカシア植林と比べると、小規模パーム農園への転換率は、州の保護区域より国の保護区域内の森林で高かった。

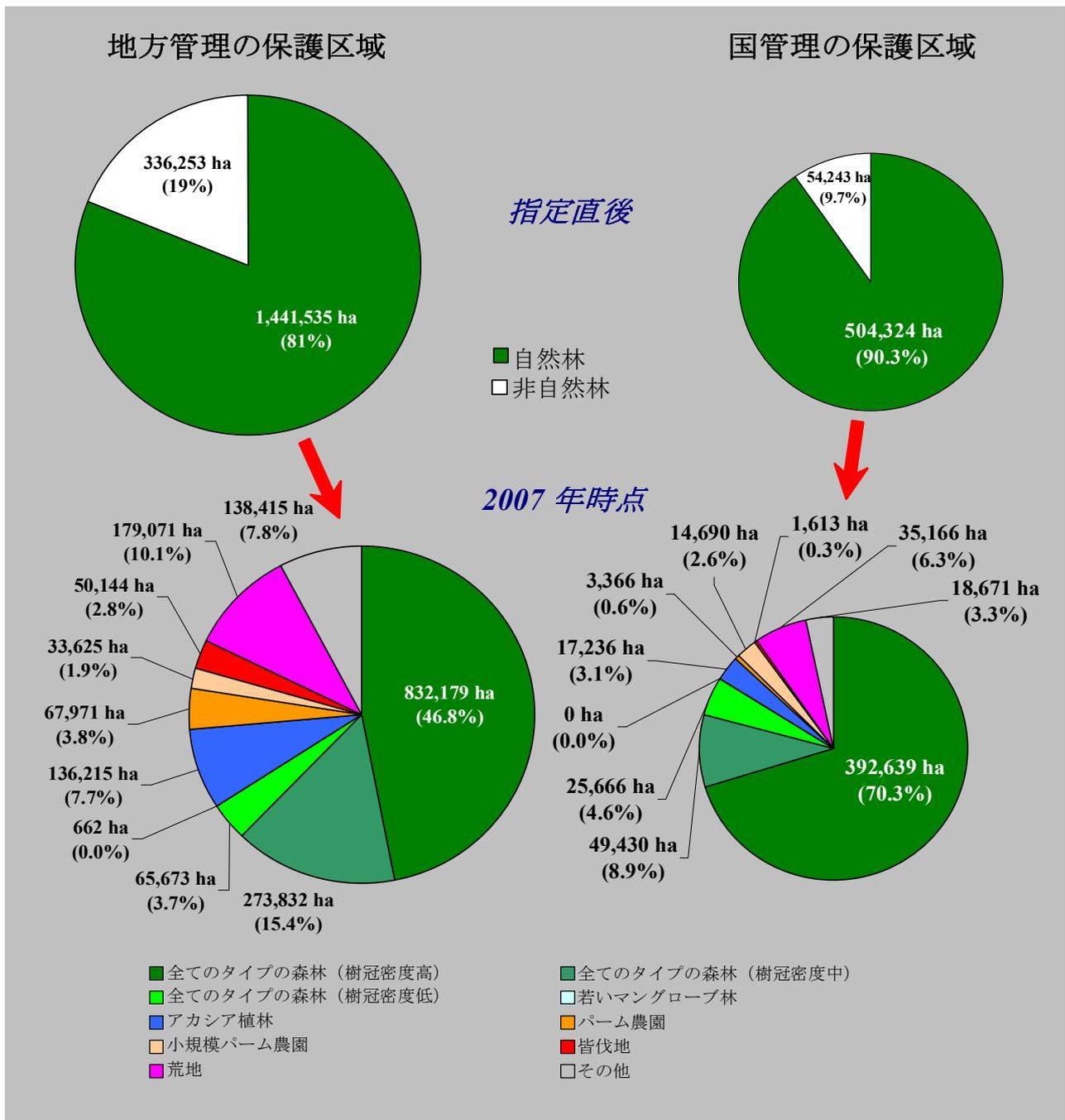


図 4.— 指定直後の州の保護区域 (カワサン・リンダン。現在施行されている 1994 リアウ州土地利用計画、RTRWP に準ずる) と国の保護区域内での原生林被覆と、2007 年時点での両区域内での森林の種別と土地被覆

6. 3 1990 年~2007 年のリアウ州 TNBTK 保全景観における森林減少

森林減少の詳細を分析するにあたり、本調査ではリアウ州本土の 55% (4,518,172 ヘクタール) を占める TNBTK 保全景観に焦点を当てた。同地域の土地被覆に関する詳細な GIS データベースを作成 (附録 3、土地被覆分析と土地利用区分の特定に利用した情報源)、50 種類に及ぶ土地被覆に分類し (附録 4、土地被覆の分類とランドサット ETM-7 を利用した場合の土地被覆種類の特定の困難さ)、4 つの年代 (1990 年、1995 年、2000 年、2005 年) に撮影されたランドサット TM/ETM 画像及び IRS 画像を用いた (附録 5、TNBTK 保全景観の土地被覆分析に利用した衛星画像)。2007 年には、リアウ州本土全域に対して、同様の非常に詳細な土地被覆分析を行った。約 50 ヘクタールを最小のマッピング単位とし、スクリーン上で画像を分析した。土地被覆データは 1:90,000 の縮尺でデジタル化した。そして、頻繁な実地検証により、スクリーン上での土地被覆解析の精度の

高さも確認された。GPS データと全実地調査での撮影写真を用いて包括的なデータベースが作成された³²。

自然林は乾燥低地林、泥炭湿地林、湿地林、マングローブ林に分類し、さらに各森林を次の4つのレベルに区別した。樹冠密度高（樹冠被覆率70%以上）、樹冠密度中（樹冠被覆率40～70%）、樹冠密度低（樹冠被覆率10～40%）、皆伐地（樹冠被覆率10%以下）である。未だ策定されていないインドネシアのREDDのメカニズムにおいては、何パーセントの樹冠被覆があれば森林とみなすのか定義が明確になっていないため、ここでは、自然林で樹冠被覆が「非常に高い」「中程度」「低い」の各レベルから他の土地被覆へ変化した場合を「森林減少」と定義した。樹冠被覆率が10%を下回る森林区域は既に伐採済みと分類した。同様に、樹冠被覆が「非常に高い」から「中程度」「低い」への変化や、「中程度」から「低い」への変化を「森林劣化」と定義した。つまり、100%から10%の間の樹冠被覆率の低下を森林劣化とみなした。

今回の解析のために、自然林から転換された37種類の土地被覆を6つの大きなカテゴリーに分類した：1. アカシア植林、2. 大規模パーム農園、3. 小規模パーム農園、4. 皆伐地、5. 荒地、6. その他土地被覆である。泥炭湿地林と湿地林は「泥炭林」として分類した。

6. 3. 1 乾燥低地林と泥炭林の転換

TNBTK 保全景観で1990年に存在した森林被覆の42.1%(1,242,172ヘクタール)が2007年までに失われた。そのうちパルプ用材向け植林とパーム農園への転換がそれぞれ46.5% (577,911ヘクタール)と30.5% (378,478ヘクタール)を占める。小規模パーム農園は3.7%、荒地は7.5%だった。

乾燥低地林と泥炭林では同様の速度で紙パルプ産業やパーム油産業による土地転換が進んだが、パーム農園よりアカシア植林のための森林転換の方が多かった(図5)。

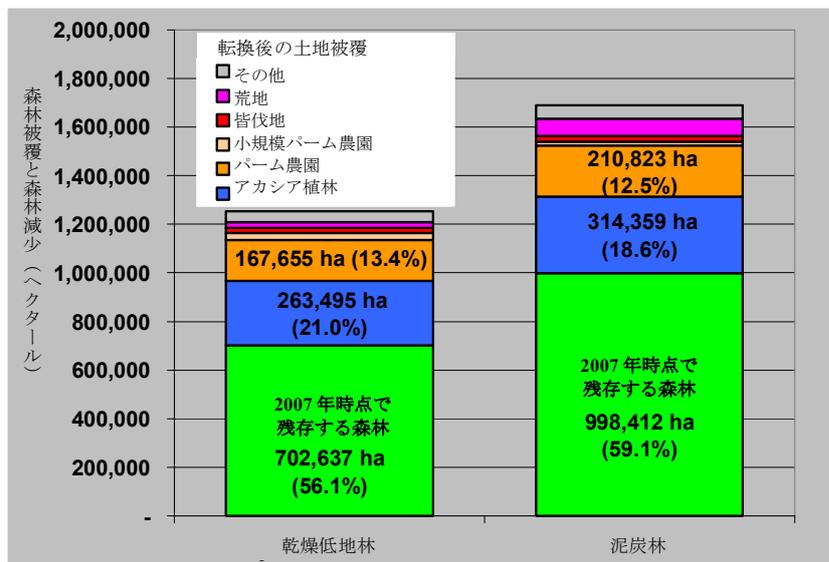


図5.— TNBTK 景観における、1990年から2007年までの乾燥低地林と泥炭林から他の土地被覆への転換。緑部分は2007年時点で残存する自然林を示す。

6. 3. 2 樹冠密度の高い森林の転換

1990年～2007年の間に起きた全森林減少の90.3%は樹冠密度40%以上の自然林の皆伐によるものだった。そのうち、樹冠閉鎖率70%以上という樹冠密度の高い森林は601,856ヘクタール、閉鎖率40%以上という中程度の樹冠密度の森林は519,760ヘクタールだった。紙パルプ産業は殆どの場合、樹冠密度が高いあるいは中程度の森林を転換した(図6)。パーム油産業は比較的樹冠密度の低い森林を転換する傾向にあった(図6)。

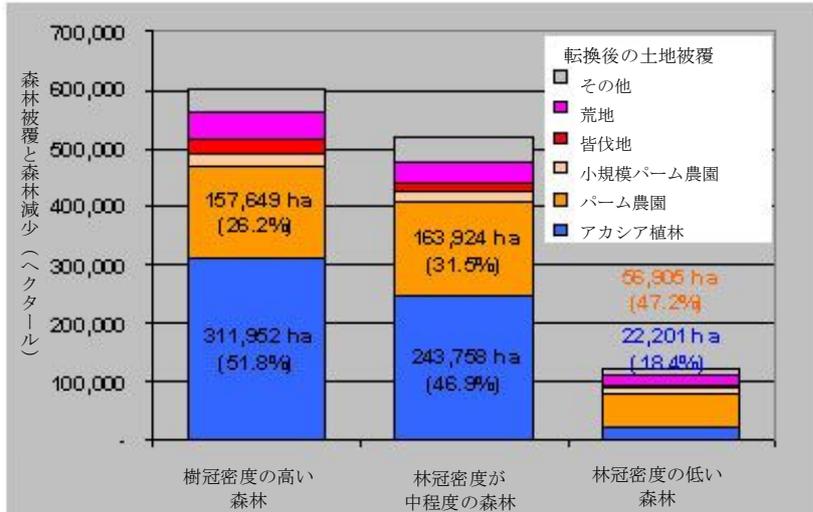


図6.—1990年～2007年の、TNBTK景観における各樹冠閉鎖率(70%以上、40～70%、10～40%)の森林から他の土地被覆への転換

1990年～2007年の間にTNBTK保全景観内で紙パルプ産業とパーム油産業が引き起こした全森林減少のうち、それぞれ96.2%、85.0%が、1990年時点で樹冠密度40%以上(樹冠閉鎖率が高～中程度)の森林で行われた(図7)。

小規模パーム農園、荒地、皆伐地、その他など、他の転換地でも同様の傾向が見られた。

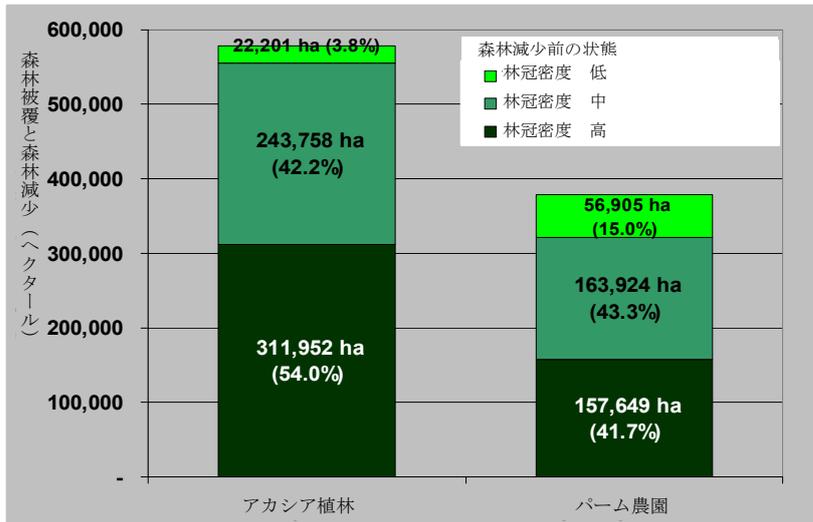


図7.—1990年～2007年の、TNBTK景観における各林冠閉鎖率の森林からアカシア植林、パーム農園への転換

1990年～2007年の間に、紙パルプ産業はますます多くの乾燥低地林を皆伐するようになり、その森林の殆どが樹冠密度が中程度から高いものだった(図8上段)。パーム油産業は樹冠密度が比較的中程度から低い乾燥低地森林を多く転換したが、2000年以降は減速した。この2つほど多くの森林転換を行った産業は他にない。泥炭林でも傾向は同様である(図8下段)が、特徴としては、両産業が転換した泥炭林は樹冠密度が低い場所より高い場所の方が多かった。

地図5にはリアウ州の現在の土地被覆が示されている。州内には、90万ヘクタール近い荒地が国立公園の外に存在し、自然林を伐り開かなくともそこでプランテーション開発ができる。このうち3分の1近くは二次林で、残りは灌木地や草地である。自然林を皆伐する代わりにこれらの一部をアカシア植林にすることが可能と考えられる。

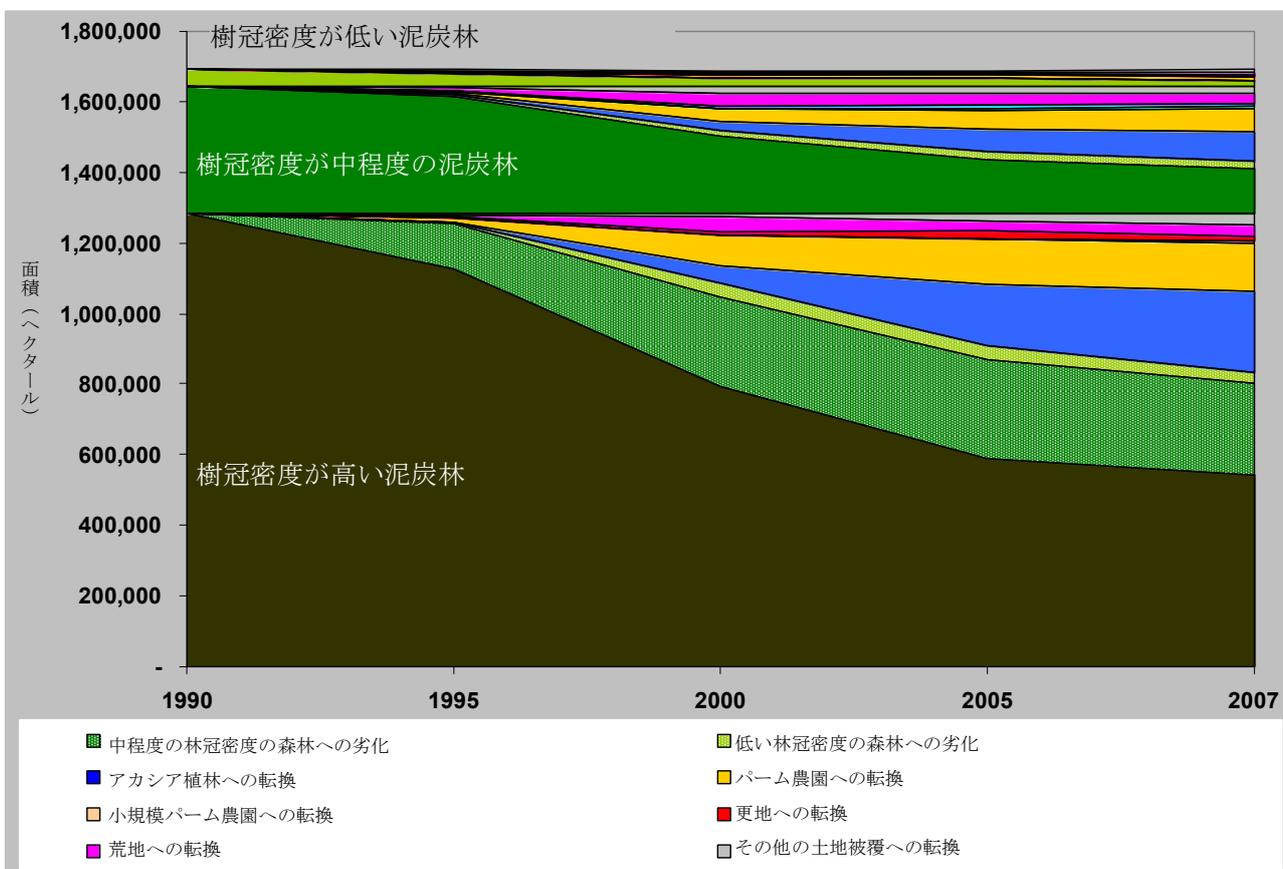
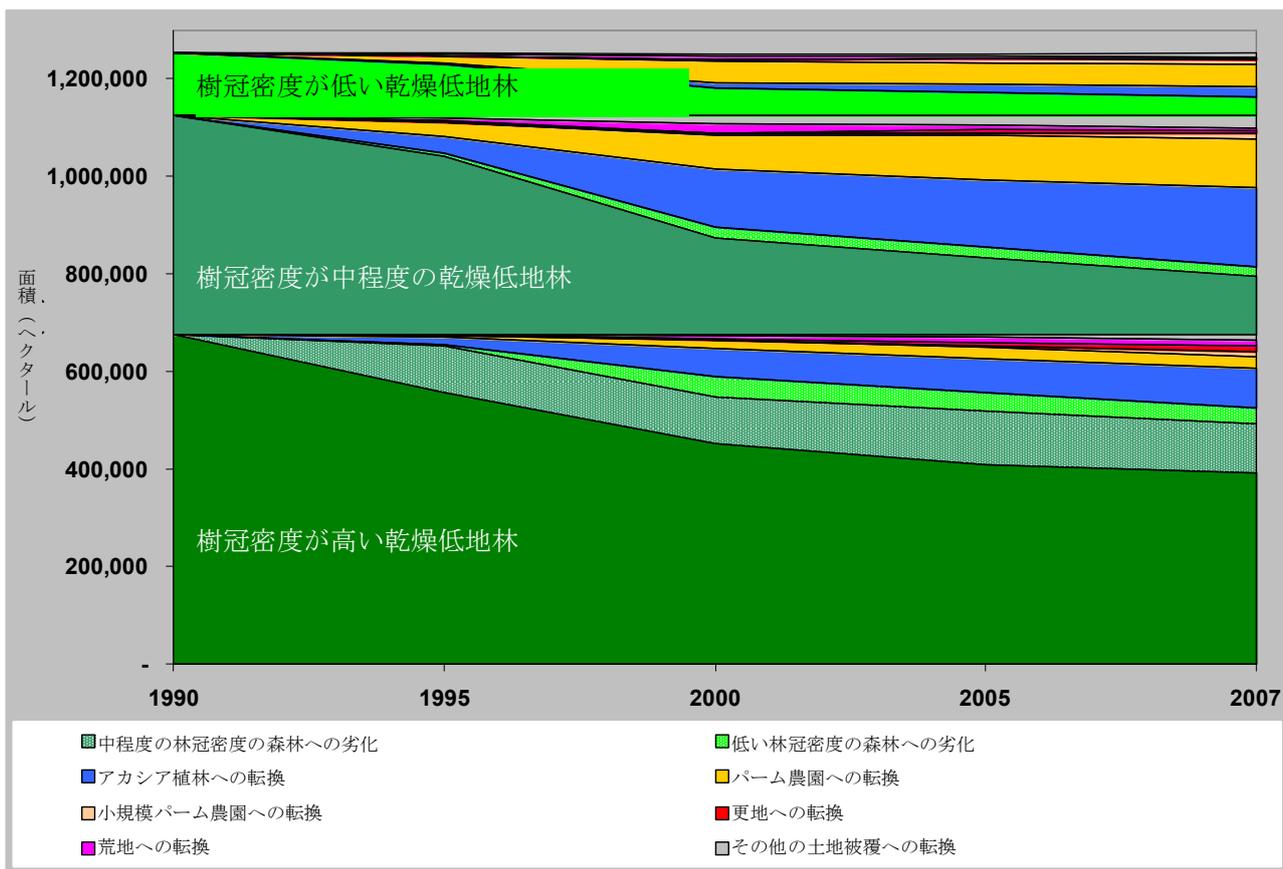
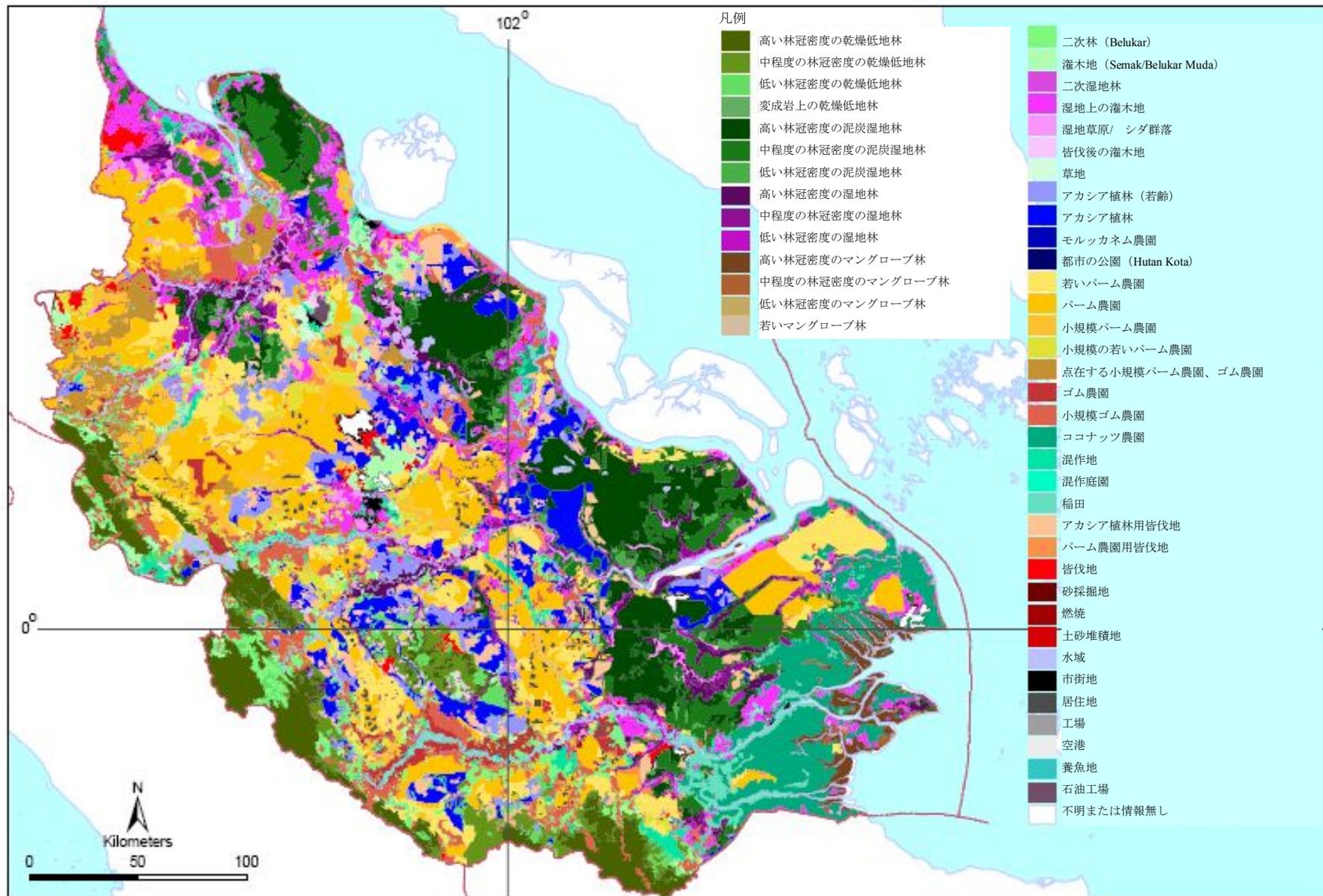


図 8a、b.—1990 年に TNBTK 保全景観に存在した乾燥低地林 (a、上段) と泥炭林 (b、下段) の、2007 年までの他の土地被覆への転換と森林劣化



地図 5.—2007 年時点のリアウ州の土地被覆

6. 4 2007年～2015年に予測されるリアウ州での森林減少

2007年から、リアウ州の新土地活用計画案が発効予定の2015年までの森林減少を予測するにあたり、以下の2つのシナリオを用意した。

(1) 「現状維持」

以下の状況を仮定した。

- 現在行われている州内の違法伐採に対する警察の捜査が中止され、これまで通りのビジネスが再開される。
- 年間の森林減少が2005年～2006年（泥炭地森林で年間183,859ヘクタール、非泥炭地森林で年間102,287ヘクタール）と同等で進行する。
- 国が管理する保護区域外の全ての森林が伐採されるが、保護区域内の全森林は2007年時点から変化しない（泥炭林は219,095ヘクタール、非泥炭地森林は248,641ヘクタール）。パルプ材用コンセッション（伐採区画）は一部自然林を保持することが法で求められるが、これまでのその法の遵守はあまり良いとはいえない。ここでは全自然林が転換されてしまうと仮定した。

(2) 「2015年リアウ州土地利用計画案の実施」

2007年5月、新しいリアウ州土地利用計画案が利害関係者のレビューに諮られた。この計画案は1994年の計画に代わるもので、2015年までの土地利用の変化について提案するものである。それには39種の土地利用区画の категорияが使われている。2015年までのリアウ州の土地被覆に対しこの土地利用計画案がもたらす影響を予測するため、私達はその39種の土地利用区画 categoria を、土地被覆への影響が似ているものをまとめて10の大 categoria に分類した（附録6、2007年5月のリアウ州土地利用計画案で Transferra によって利用された土地利用区分と本調査での分類）。

以下の状況を仮定した。

- 紙パルプ産業が合法的にパルプ向け植林に転換できる全ての森林の伐採権を得ることに成功し、ゴム農園やパーム農園にも転換可能な3つのサブ categoria の区画を含め、あらゆる土地区画で首尾よく開発を進めていく。こうしたサブ categoria の区画は、2015年までにアカシア植林に転換されると予測される自然林の4%を占める。
- 2007年5月提出の土地利用計画案（RTRWP 2015）がそのまま採択される。
- 提案された区画変更の全てが2015年までに完全に実施され、多くの自然林がプランテーションに転換される。
- 新たに区画された地域の全ての自然林がパルプ向け植林に転換される。
- 「現状維持」からの大幅な変更により、土地利用計画案で原生植生保全地に指定された全ての区画が法の下で守られ、人間の侵入や違法伐採が発生しない。

この2つのシナリオの検証は、泥炭林と非泥炭林に分けて行った。この2種類の地域での森林減少は歴史も異なり、二酸化炭素排出量も大きく異なるためである。第9章ではこれらのシナリオに基づいた二酸化炭素排出予測を示している。

6. 4. 1 2015年のリアウ州の森林被覆予測

シナリオ(1)「現状維持」では、泥炭林は2014年まで減少し続け、国が管理する保護区域外にある1,188,355ヘクタールの森の全てが伐採される（図9a）。これにより2007年に残存する泥炭林の84.4%が失われ、本土の泥炭林被覆は3%まで減少する。シナリオ(2)「リアウ州土地利用計画案の実施」の下では、泥炭林は比較的緩やかな速度で減少する。2015年までに、転換用に区画された791,829ヘクタールの森林が伐採される。これにより、2007年に残存する泥炭林の56.3%が失われ、本土の泥炭林被覆は7%まで減少する。

シナリオ (1) では、非泥炭林は 2013 年まで減少し続け、国が管理する保護区域外にある 598,027 ヘクタールの森の全てが伐採される (図 9 b)。これにより、2007 年に残存する非泥炭林の 70.6% が失われ、本土の非泥炭林被覆は 3% まで減少する。シナリオ (2) では、非泥炭林は比較的緩やかな速度で減少する。2015 年までに、転換用に区画された 209,921 ヘクタールの森林が伐採される。これにより、2007 年に残存する非泥炭林の 24.8% が失われ、本土の非泥炭林被覆は 8% まで減少する。

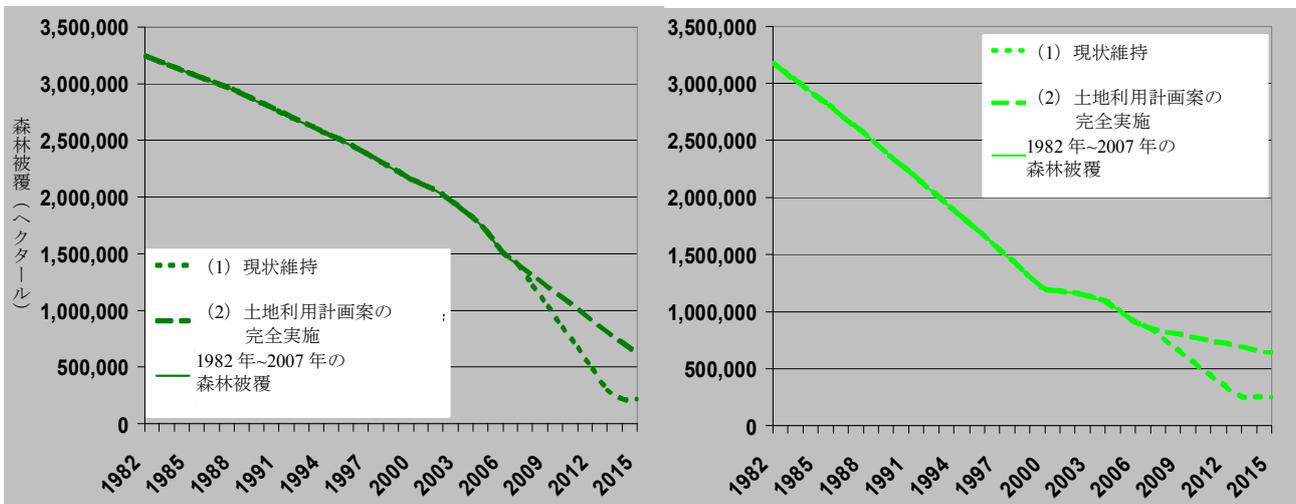
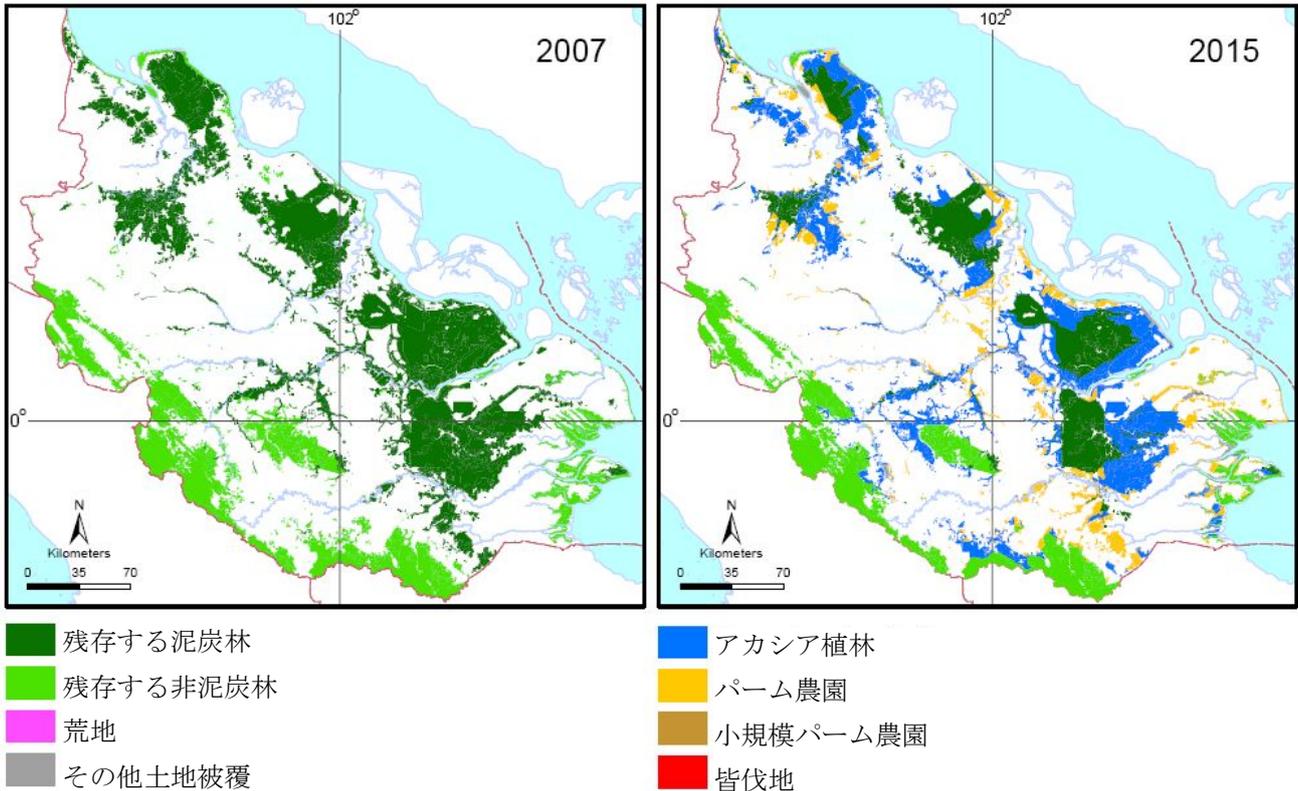


図 9a、b.—1982 年~2007 年の泥炭地 (a、左側) と非泥炭地 (b、右側) での森林減少と、2007 年~2015 年の 2 つのシナリオでの森林減少予測

6. 4. 2 2015 年までに予測されるリアウ州での森林転換^x

シナリオ (2) について、2007 年に残存する森林 (地図 6 a) が 2015 年までにどれだけ転換されるかを予測した結果、2007 年に残存するリアウ州の森林被覆の 47.4% が減少する。紙パルプ産業が群を抜いて有力な森林減少の原因となっており、新たな森林減少の原因の 73.6% を占めると予測される (地図 6 b)。パーム油産業が次いで大きな要因であり、予測される全ての森林減少の 22.5% を引き起こすと考えられる (地図 6 b)。

^x シナリオ (2) の計算に使用した森林被覆と土地被覆のデータは、州全域を網羅した WWF の 2007 年土地被覆データベースに基づいている。



地図 6a、b.— (a) 2007 年に残存する、異なる樹冠密度の泥炭地と非泥炭地の森林。(b) シナリオ (2) 「2015 年リアウ州土地利用計画案」を実施した場合、2015 年に予測される樹冠密度での泥炭地と非泥炭地の森林と、2007 年に残存する森林から他の土地被覆への転換予測。

6. 4. 3 乾燥低地林と泥炭林の転換予測

乾燥低地林、泥炭林ともに、殆どの場合パルプ材用の植林に転換されると思われる (図 10)。リアウ州土地利用計画案では、マングローブ林の一部さえ転換用に区画している。

2007 年から 2015 年までの全森林減少の 84.3% が泥炭土壌で起こると予測される。

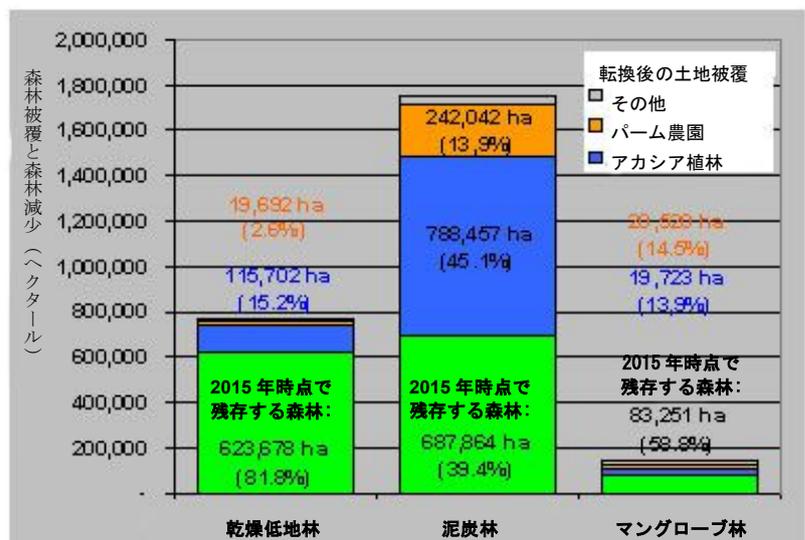


図 10.—シナリオ (2) 「2015 年リアウ州土地利用計画案の実施」に基づいた、2007 年に残存する各自然林のアカシア植林、パーム農園、その他土地被覆への転換予測。緑部分は 2015 年にも残るとと思われる森林を示す。

6. 4. 4 2015年までに予測される樹冠密度の高い森林の転換

2007年～2015年の全森林減少の85.6%は樹冠密度が40%以上の自然林の更地化であり、樹冠密度が70%を超える森林は434,763ヘクタール、樹冠密度が40%を超える中程度の森林は640,730ヘクタールが消失すると思われる。紙パルプ産業がその殆どの原因である(図11)。1982年～2007年の時期と異なり、紙パルプ産業はまた、樹冠密度が40～10%と低い森林の皆伐の殆どの原因にもなると考えられる(図11)。

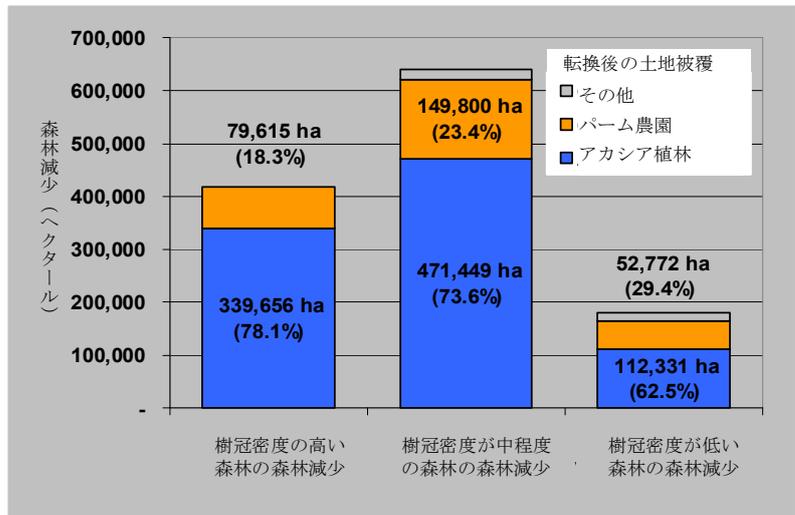


図11.—シナリオ(2)「リアウ州土地利用計画案の実施」に基づく、2007年～2015年までのアカシア植林、パーム農園転換による樹冠密度別(70%以上、40～70%、10～40%)森林減少予測

2015年までに紙パルプ産業とパーム油産業が引き起こす森林減少のそれぞれ87.8%、81.3%は、樹冠密度が40%以上の森林であると予測される(図12)。

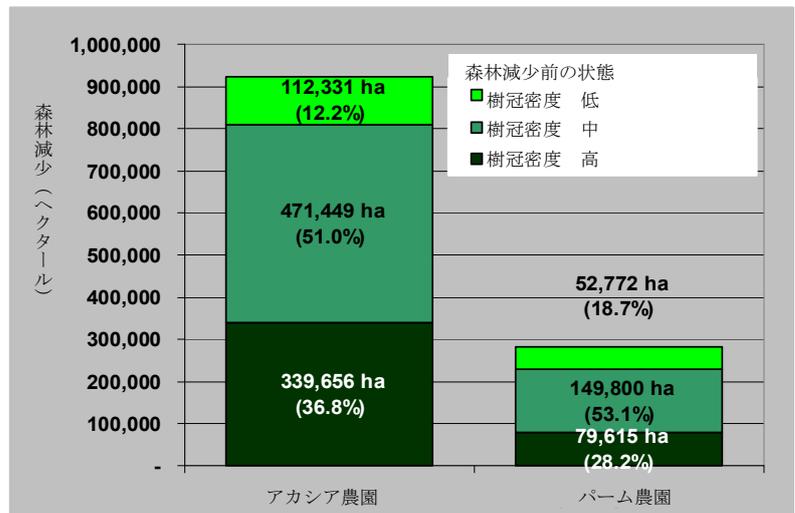
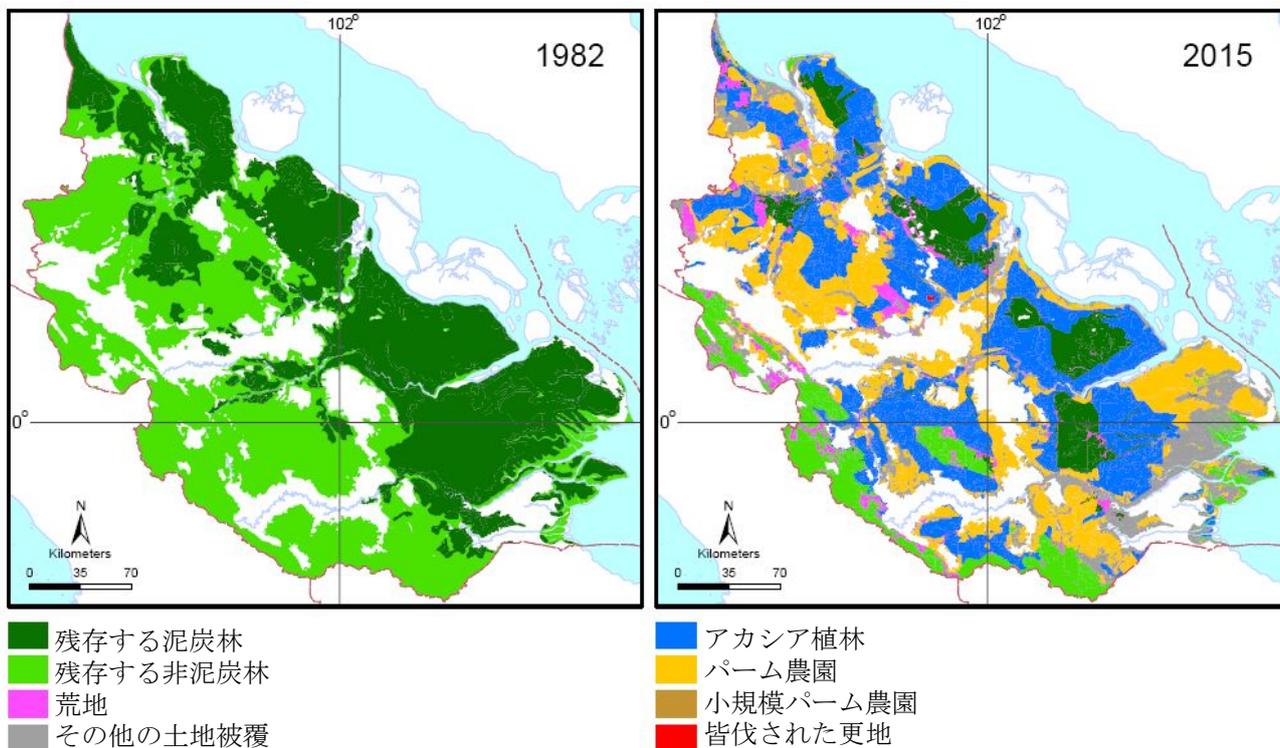


図12.—シナリオ(2)「リアウ州土地利用計画案の実施」に基づく、2007年～2015年までのアカシア植林、パーム農園による樹冠密度別(70%以上、40～70%、10～40%)森林転換予測

土地利用計画案を 2015 年までに完全に実施すると、リアウ州本土の幾つかの森林区域は広大なアカシア植林とパーム農園の中で完全に孤立することになる（地図 7 a、b）。1982 年以降 33 年以上の年月の中で起こった全ての森林減少のうち、アカシア植林とパーム農園への転換によるものはそれぞれ 36.4%（1,872,470 ヘクタール）と 27.2%（1,395,344 ヘクタール）を占めることになる。



地図 7 a & b.—1982 年時点での異なる樹冠密度の自然林とアカシア植林とパーム農園。シナリオ (2) 「2015 年リアウ州土地利用計画案」を完全に実施した場合に予測される 2015 年の状態。

7. REDD –森林劣化

1990年～2007年のTNBTK保全景観における森林劣化の指標の1つとして、私たちは樹冠閉鎖率を分析した(附録4)。本調査における「森林劣化」の定義は、土地被覆の変化において、「比較的閉鎖率の高い」樹冠から「中程度」「比較的低い閉鎖率の」樹冠への変化、または「中程度」から「比較的低い閉鎖率の」樹冠への変化が起きた場合とする。つまり、樹冠閉鎖率が100%から10%の間で低下した場合を森林劣化とみなした。

第10章ではこの景観での森林劣化と炭素損失を関連付け、過去の二酸化炭素排出を推計している。

7. 1 1990年～2007年のリアウ州TNBTK保全景観における森林劣化

- 乾燥低地林と泥炭林では、森林劣化について同様の基本的傾向が見られた(図8及び表1)。エラー! 参照元が見つかりません。1990年～1995年の間に、両森林タイプの10～14%が高い樹冠閉鎖率から中程度へと劣化したが、森林減少は限定的だった。
- 1995年以降、特に泥炭林で森林減少が加速、増加し続けた。
- 1995年以降、各調査年代で残存した乾燥低地の原生林の劣化率は大体同じ(樹冠中程度で14.6～19.8%)だったが、泥炭林の劣化は2005年まで非常に進んだ(樹冠中程度で10.2～30.9%)。
- 2000年までに、泥炭林の減少速度は乾燥低地林の速度を超えた。
- 2007年までに、1990年時点で樹冠閉鎖率の高かった乾燥低地林の15.1%(102,493ヘクタール)と泥炭林の20.0%(256,976ヘクタール)が中程度へと劣化した。それに加えそれぞれの22.2%と35.2%が伐採された。
- 期間中、樹冠閉鎖率の高い状態から低い状態への劣化率は、両森林タイプともに非常に少なかった。
- 両森林タイプとも、樹冠閉鎖率が中程度の場所で劣化は殆どなかったが、代わりに殆どが伐採されてしまった。

表1.—1990年に樹冠閉鎖率の高かった森林がその後の各期間で減少、劣化した率

	1990	1995		2000		2005		2007	
	ha	1990年比(%)	1995年(%)	1990年比(%)	2000年(%)	1990年比(%)	2005年(%)	1990年比(%)	2007年(%)
乾燥低地林									
高い樹冠閉鎖率	677,070	82.4	85.1	67.0	76.9	60.3	73.3	57.9	74.5
中程度の閉鎖率への劣化	0	14.1	14.6	14.0	16.1	16.3	19.8	15.1	19.5
低い閉鎖率への劣化	0	0.3	0.3	6.1	6.9	5.6	6.8	4.7	6.0
1990年に樹冠閉鎖率の高かった森林の消失	0	3.2	NA	12.9	NA	17.7	NA	22.2	NA
泥炭林									
高い樹冠閉鎖率	1,283,273	87.9	89.6	61.9	73.1	45.9	64.8	42.3	65.2
中程度の閉鎖率への劣化	0	10.0	10.2	19.7	23.3	21.8	30.8	20.0	30.9
低い閉鎖率への劣化	0	0.2	0.2	3.0	3.5	3.1	4.4	2.5	3.9
1990年に樹冠閉鎖率の高かった森林の消失	0	2.0	NA	15.4	NA	29.2	NA	35.2	NA

7. 2 リアウ州の保護区域における森林劣化

2007年には、樹冠閉鎖率の高い森林の比率は、国が管理する保護区域(附録2、リアウ州内にある保護区と、保護区設立年あるいはそれに近い時期の森林被覆)(70.3%、392,639ヘクタール)の方が、地方管理の保護区域(46.8%、832,179ヘクタール)より高かった。

8. 森林火災（1997年～2007年）

更地をつくるための火の使用は、インドネシアでは長く伝統となっており、伝統的な焼畑式農業にも表れている。火災は発生場所が自然林であれ、開墾中の場所やプランテーションであれ、殆どが人間の活動によるものである³³。人があまり住んでいない場所や広大な泥炭地でのちょっとした火の不始末が、隣接する森林地域に広がって、しばしば手に負えない大火災になることが多い^{34,35,36}。

火災発生状況の分析は2種類の低解像度衛星センサーを使って行われた。(1) 米国海洋大気庁の改良型超高分解能放射計 (NOAA AVHRR) と、(2) 中分解能撮像分光放射計 (MODIS) である³⁷。両システムとも実際の火災の発生地点、いわゆる「ホットスポット」の探知に優れており、熱帯地域で1 kmの空間分解能で探知できる³⁸。火災の影響を受けた面積を概算するために、記録された各ホットスポットの座標値が、センサーのおおよその空間分解能に相当する1平方キロメートルの面積に換算される³⁹。結果として火災エリアとされるのが必ずしも同規模というわけではなく、1平方キロメートル全域の場合もあればごく一部の場合もある。ただし、ホットスポットのデータから定められた火災エリアと、高解像度のランドサット画像から認識した火災エリアには共通性が高いことが示されている^{40,41}。ホットスポットの手法では燃焼エリアが過小探知されることがよくあるため、面積の算定は控えめといえる。(1) 1日に1度か2度の探知で、その後急速に広がる火は探知できていない場合がある。(2) 火事による煙がよくホットスポットの探知を阻害することがある。(3) 森林の地表に広がる火災は宇宙から探知できる温度まで上昇していない。なお、重複するホットスポットは、一度だけ燃焼したとみなしている。

1997年～2007年にリアウ州で実際に記録された火災（ホットスポット）は72,435回あった。殆どが乾期に発生している。リアウ州の乾期は通常6月～8月の3ヶ月間程であるが、エルニーニョ発生の場合は4ヶ月以上に延びることもある。図13では、11年間のリアウ州でのホットスポットと火災発生頻度を示している。1998年、2005年、2006年には8,000以上のホットスポットが記録された。この異様な数は、1997年～1998年と2005年～2006年にエルニーニョが発生し乾期が長く続いた状況に関連する。

2005年、MODISセンサーはリアウ州で19,396のホットスポットを探知した。その79%が泥炭地で発生した。それにより煙霧が国境を越えて広がり、大量の二酸化炭素が大気中に放出された⁴²。過去11年間でリアウ州の地表の31%が少なくとも一度は燃え、12%は複数回燃えた。こうした再発する火災は熱帯雨林の生態系に深刻な脅威となる。火災が起きるほど森林再生の機会は減り、原生の森林生態系の劣化の危険性が高まるのである^{43,44}。

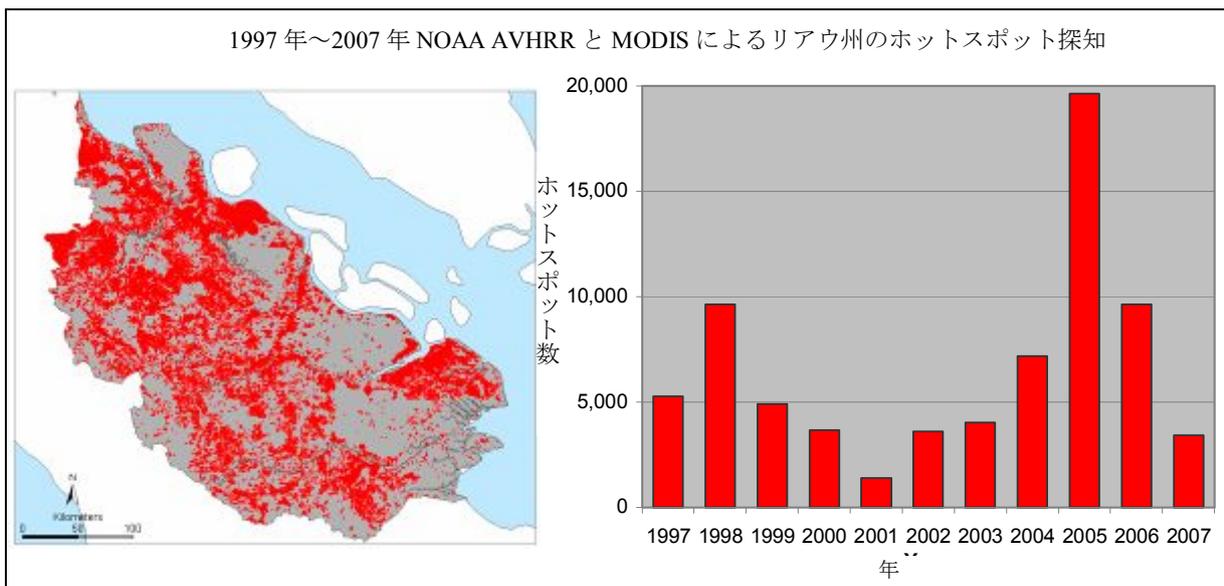


図13.—1997年～2007年のリアウ州の火災ホットスポット。1998年、2005年、2006年の数の多さは、エルニーニョにより乾期が延びたことに関連する。

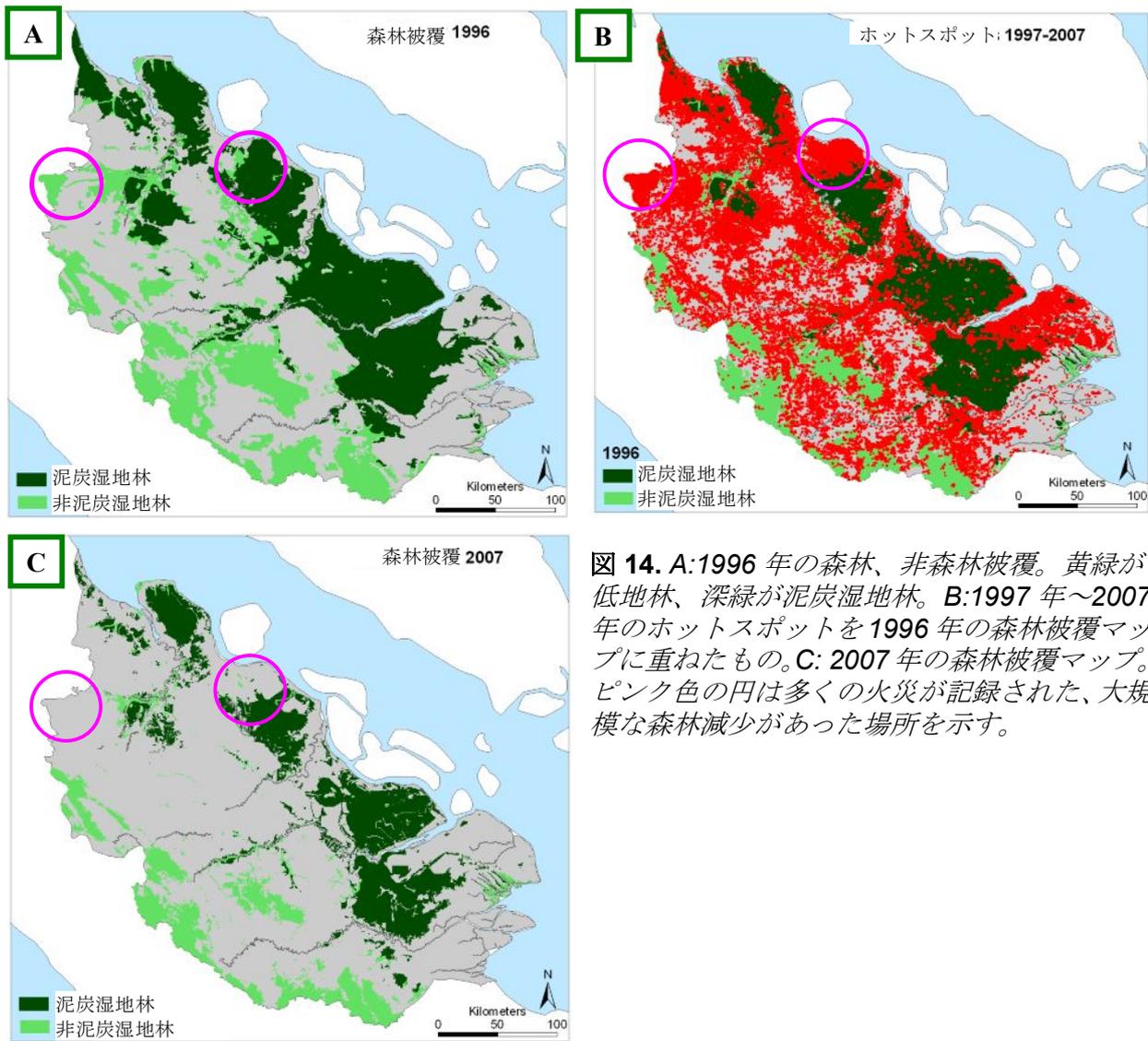


図 14. A:1996 年の森林、非森林被覆。黄緑が低地林、深緑が泥炭湿地林。B:1997 年～2007 年のホットスポットを 1996 年の森林被覆マップに重ねたもの。C: 2007 年の森林被覆マップ。ピンク色の円は多くの火災が記録された、大規模な森林減少があった場所を示す。

図 14 は、1996 年と 2007 年の森林被覆と、1997 年～2007 年間に記録された全てのホットスポットを示している。ホットスポットの 34%は森林で発生しており、残りの 66%が非森林被覆での発生だった。森林でのホットスポットのうち 67%は泥炭湿地林で記録された。

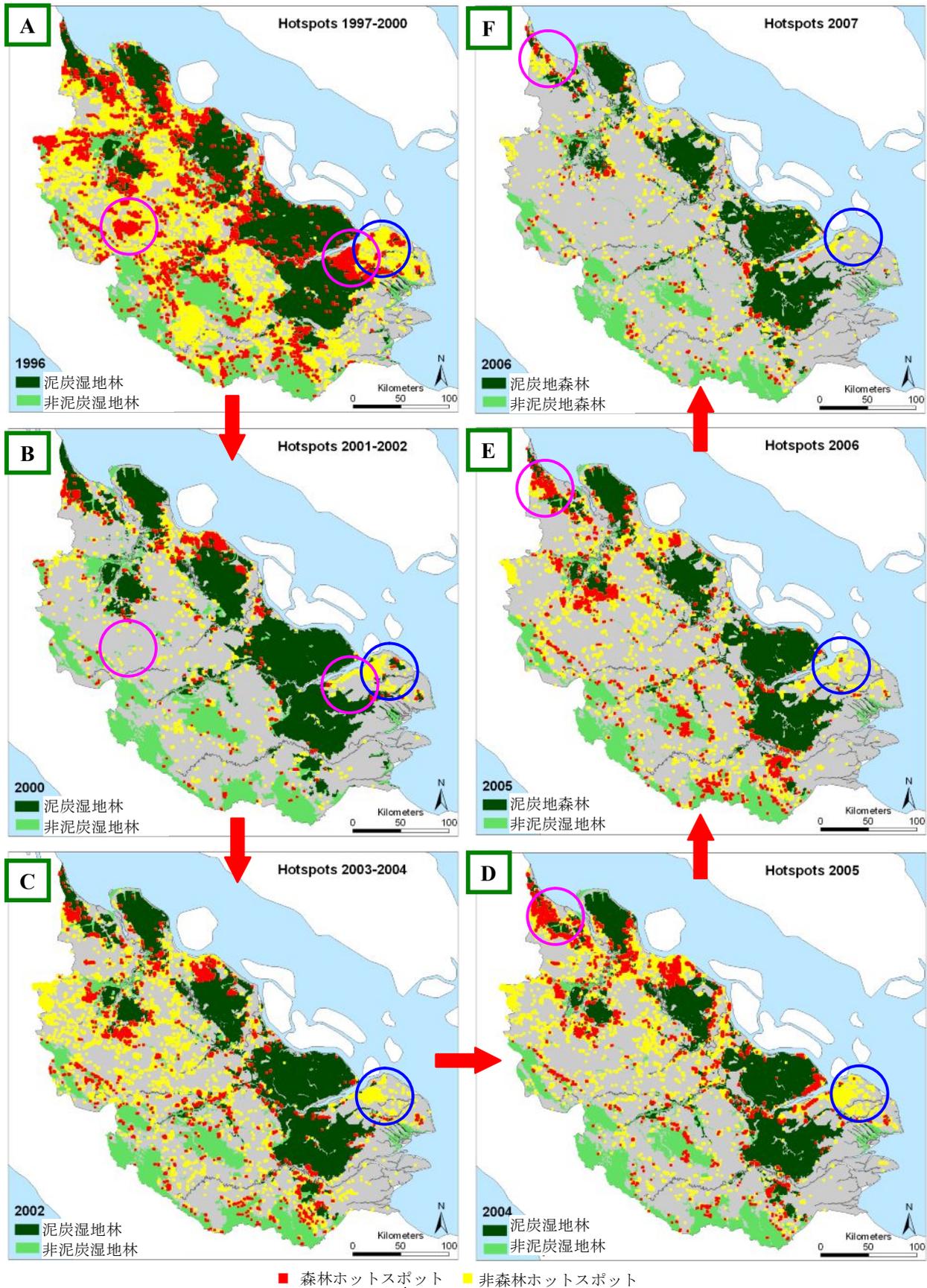


図 15.—11 年間の火災発生状況。森林でのホットスポットは赤、非森林被覆でのホットスポットは黄色で示されている。大規模な森林減少と火災の再発が重なる場所はピンク色の円で囲われている。青色の円は沿岸泥炭土壌での火災再発を示す。

この分析では土地被覆と火災発生の経年変化も比較検証した。図 15 では、一定期間の全てのホットスポットを各森林被覆マップに重ねている。森林のホットスポットは赤、非森林のホットスポットは黄色で示されている。図 15A では、1997 年～2000 年に記録された全てのホットスポットを 1996 年の森林被覆マップに重ねてある。多くの火災が、1996 年時点では森林だった場所で発生している（赤い点）。森林火災の殆どが（乾燥林であれ泥炭湿地林であれ）、森林地域の端で起きており、森林の内部で起きたものは稀である。同様の現象がインドネシアの他の類似する生態系でも見られた^{45,46,47}。図 15B では、2001 年～2002 年に記録された全てのホットスポットを 2000 年の森林被覆マップに重ねてある。泥炭湿地林が広範囲に燃焼した例も幾つかある。図 15C～F では、ホットスポットを前年の森林被覆マップに重ねてある。森林火災が発生した場所の多くは、翌年以降森林として再生していない。火災が最初の森林減少を引き起こしたのか、あるいは伐採後のプランテーション開発のために火が使われたのかは断定できないが、火災と森林減少には明らかに関連性がある。2007 年の火災発生数は劇的に減少している（図 15F、図 16）。この原因としては 2 つのどちらかまたは両方の影響が考えられる。（1）2007 年は地域全体がラニーニャ現象の影響を長く受けた（樹冠閉鎖率の高い森林では火災は殆ど記録されなかった）。（2）州全域の警察の捜査により、プランテーション開発企業による皆伐が全て止まり、土地開発に歯止めをかけた。図 16 では森林と非森林でのホットスポット記録の経年変化を示している。

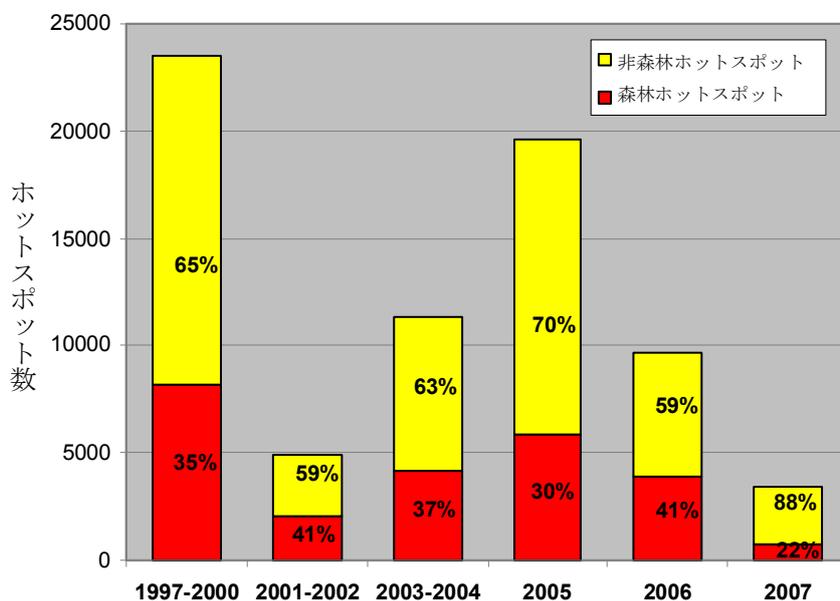


図 16.— 経年での森林と非森林のホットスポットの関係

ボルネオとアマゾンでは、伐採その他の行為による樹冠減少が火災の可能性を劇的に高めた^{48,49}。悪循環が始まって更なる森林劣化を招き、火災が再発し、最終的に森林劣化が相当進行して、火災が発生しやすい灌木地やサバンナの生態系に変わっていく。今回は TNBTK 保全景観において樹冠閉鎖率の高い森林と低い森林で発生した火災数を比較し、森林劣化と火災発生の経年変化を研究した。

殆どの火災は、樹冠閉鎖率が 70%以下の地域で発生しており（図 7）、閉鎖率 70%以上の森林はあまり火災の影響を受けなかった（図 8）。これはボルネオで得られた研究結果を確認するものとなっている⁵⁰。

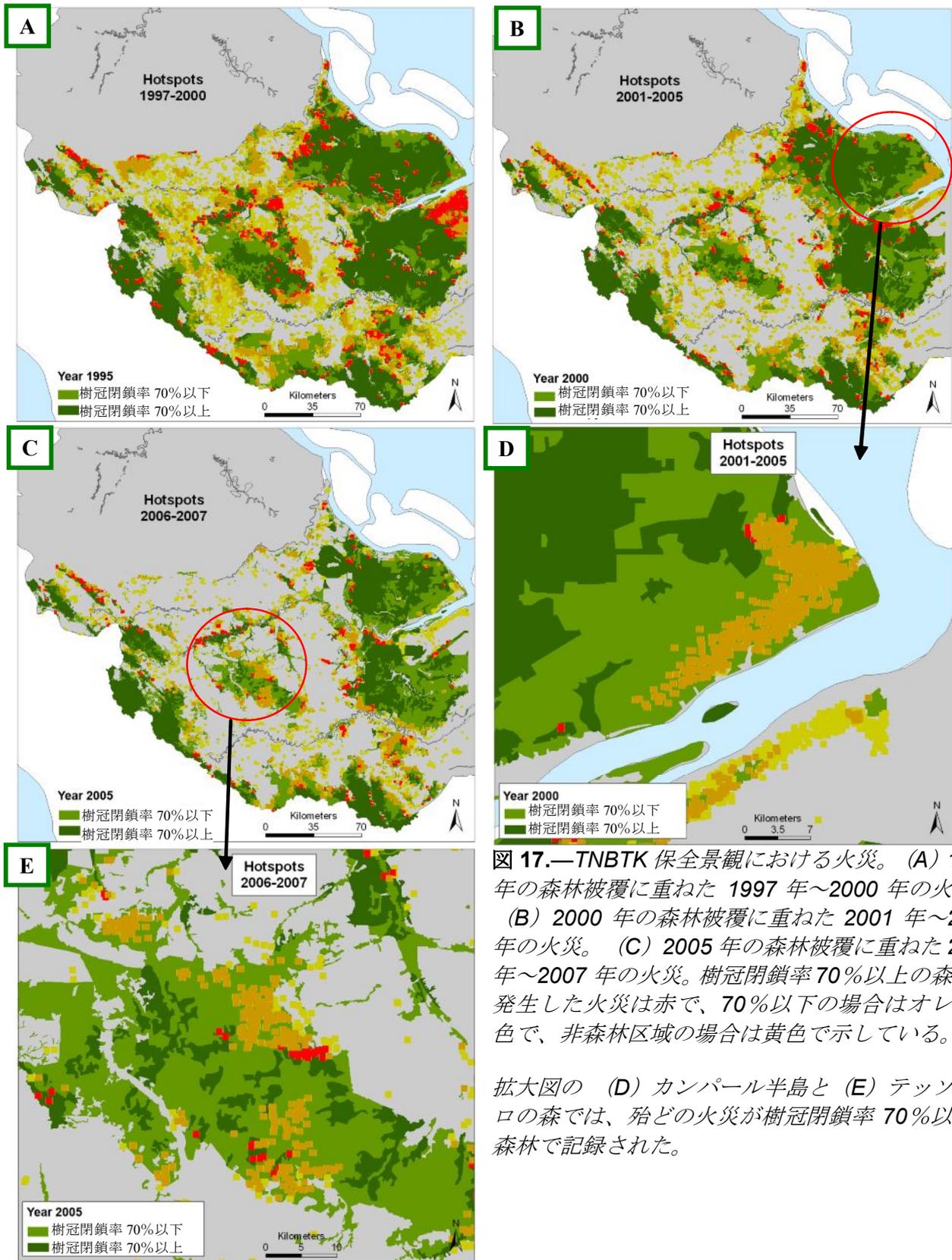


図 17.—TNBTK 保全景観における火災。(A) 1995年の森林被覆に重ねた 1997 年～2000 年の火災。(B) 2000 年の森林被覆に重ねた 2001 年～2005 年の火災。(C) 2005 年の森林被覆に重ねた 2006 年～2007 年の火災。樹冠閉鎖率 70%以上の森林で発生した火災は赤で、70%以下の場合はオレンジ色で、非森林区域の場合は黄色で示している。

拡大図の (D) キャンパール半島と (E) テッソ・ニロの森では、殆どの火災が樹冠閉鎖率 70%以下の森林で記録された。

ホットスポット発生場所 ■ 林冠閉鎖率 70%以上 ■ 林冠閉鎖率 70%以下 ■ 非森林地域

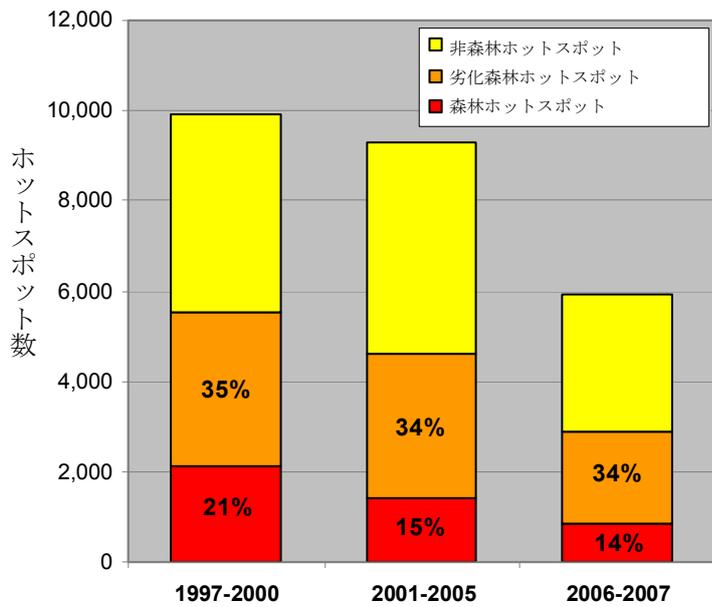


図 18.—非森林区域、樹冠閉鎖率の低い森林、高い森林でのホットスポット数の経年変化

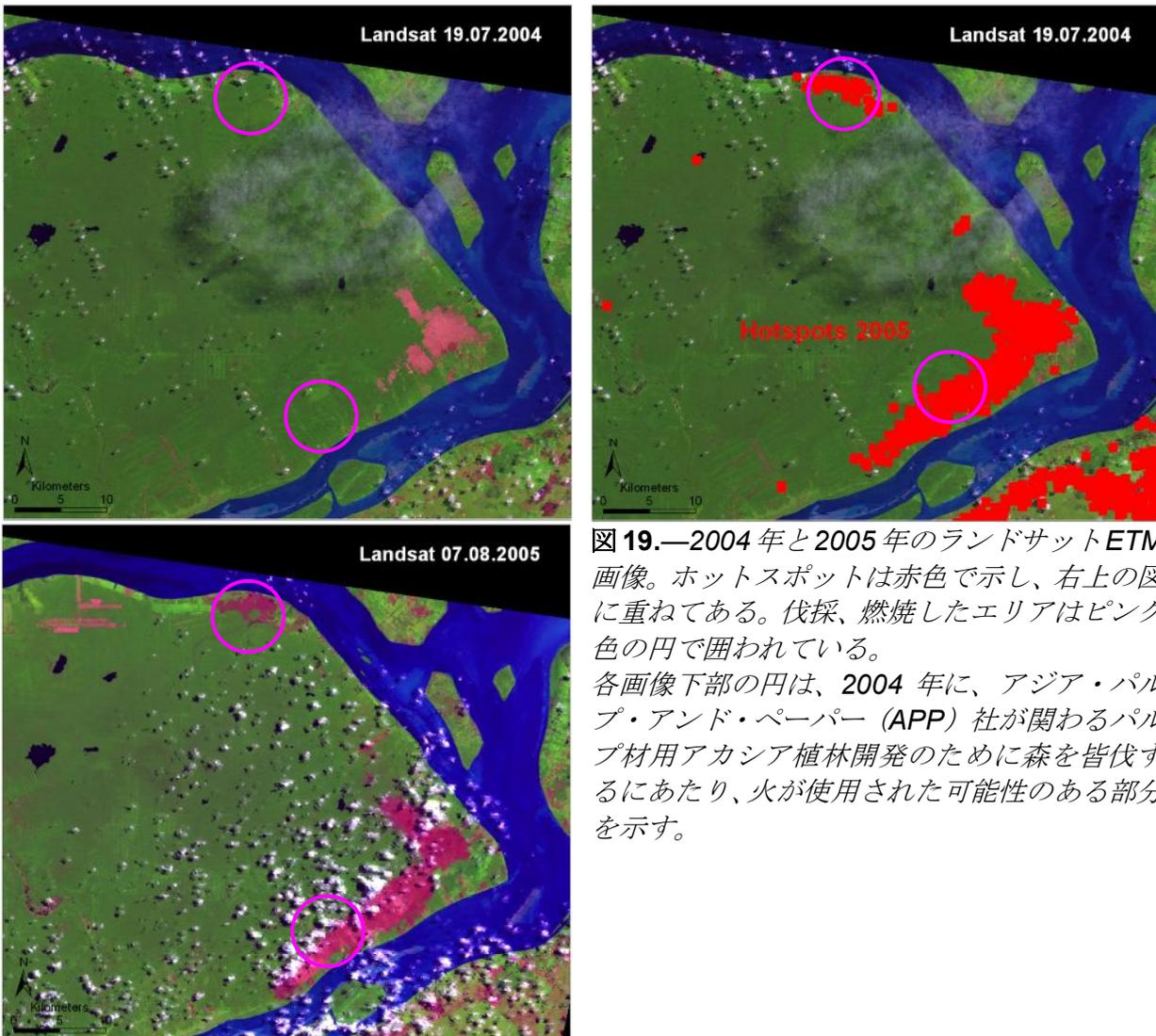
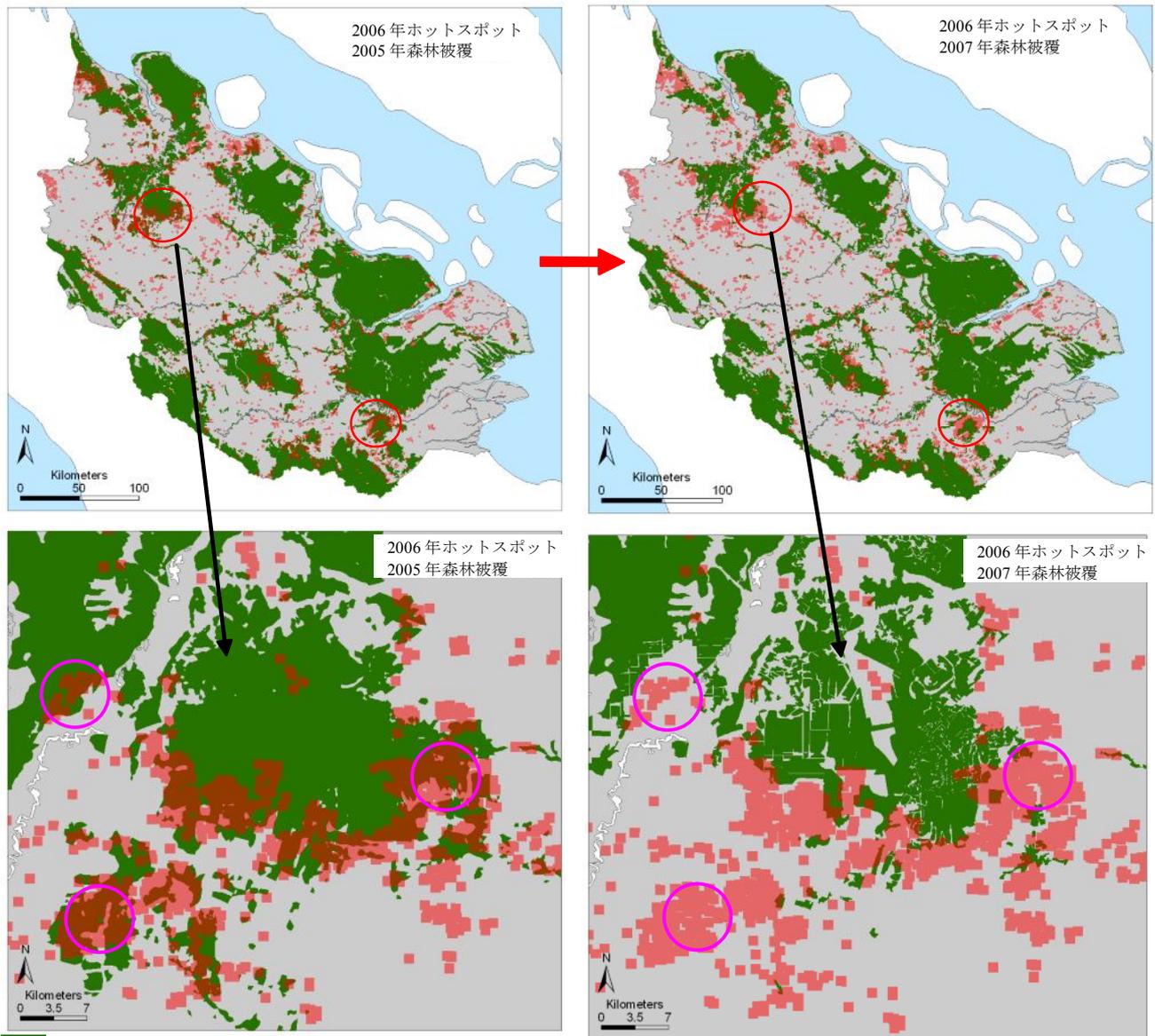


図 19.—2004 年と 2005 年のランドサット ETM 画像。ホットスポットは赤色で示し、右上の図に重ねてある。伐採、燃焼したエリアはピンク色の円で囲われている。各画像下部の円は、2004 年に、アジア・パルプ・アンド・ペーパー (APP) 社が関わるパルプ材用アカシア植林開発のために森を皆伐するにあたり、火が使用された可能性のある部分を示す。

カンパール半島東端を写した非常に高解像度の衛星画像では、ホットスポットとなったエリアが翌年に森林でなくなっているのが示されている（図 19）。

2005 年に記録されたホットスポットのうち、2004 年と 2006 年のそれぞれで森林区域内のものは幾つあったのかを分析した。5,830 箇所のホットスポットが 2004 年の地図では森林内であった。そのうち 4,832 箇所は、2006 年には非森林区域上となった。2005 年発生 of 火災の約 83% が森林減少に関連したことになる。

図 20 では、2005 年～2007 年の森林被覆変化と、その 3 年間にリアウ州の紙パルプ産業が大規模な森林伐採を行った同州リボ森林区域のホットスポットを示している。



- 森林
- 森林内のホットスポット
- 非森林区域のホットスポット

図 20.—2006 年の火災発生地点を 2005 年と 2007 年の森林被覆マップの重ね合わせ。拡大図は、リアウ州の紙パルプ産業による大規模な森林転換が発生した同州リボ森林区域を示す。濃い赤は森林内のホットスポット、薄い赤は非森林区域のホットスポット。ピンク色の円は森林減少と火災が関連付けられる場所を示す。

2005年に記録されたホットスポットのうち、5,830箇所が2004年の地図では森林内であった。そのうち4,832箇所は、2006年には非森林区域上となった。2005年発生火災の約83%が森林減少に関連したことになる。

2006年のホットスポットのうち3,931箇所は2005年には森林内であったが、そのうち3,312箇所は、2007年には森林外となっていた。2006年に発生した火災のうち約84%が森林減少に関連したことになる。そのうち20%が現在はパーム農園になっており、37%はアカシア植林、4%はその他作物の農園になっている。2006年の火災と森林減少が関連付けられたエリアの60%以上が2007年には植林/プランテーションになっていた。

リアウ州の森林減少の約4分の1は過去数年の火災に関係している。2004年～2006年の間に、525,576ヘクタールの森林が消失した。そのうち28%（144,845ヘクタール）は2005年に火災の影響を受けた。2005年～2007年の間には、477,349ヘクタールの森林が消失した。そのうち27%（126,428ヘクタール）が火災の影響を受けた。森林減少のあったエリアの44%が植林やパーム農園に転換された。そうして新たに開発された植林やパーム農園の29%で火災が記録された。

保護区域内の火災

リアウ州内で国が管理する保護区域のうち、1997年～2007年の間に火災が発生したのは8%だけであった（図21）。

スンガイ・デュマイ（Sungai Dumai）、バライ・ラジャ・デュリ（Balai Raja Duri）、プサト・ラティハン・ガジャ保護区域（Pusat Latihan Gaja）等の小規模な保護区域や、スルタン・シャリフ・カシム・ミナス保護区域（Sultan Syarif Kasyim Minas）の半分（全てリアウ州北部から中部に位置する）では、激しい火災が発生した。国が管理する他の3つの保護区域、ジラム・シアク・ケシル（Giam Siak Kecil）、ブキ・バンクック（Bukit Bungkok）、テッソ・ニロ（Tesso Nilo）では、境界沿いで火災が発生した。7つの大きな保護区域では火災は殆ど発生しなかった（図21）。小規模な保護林の方が広大な森林よりはるかに火災のリスクは高いようである。おそらく広大な森林の方が違法伐採者や侵入者のアクセスを防ぎやすく、樹冠閉鎖率の高さが保たれるからと考えられる。

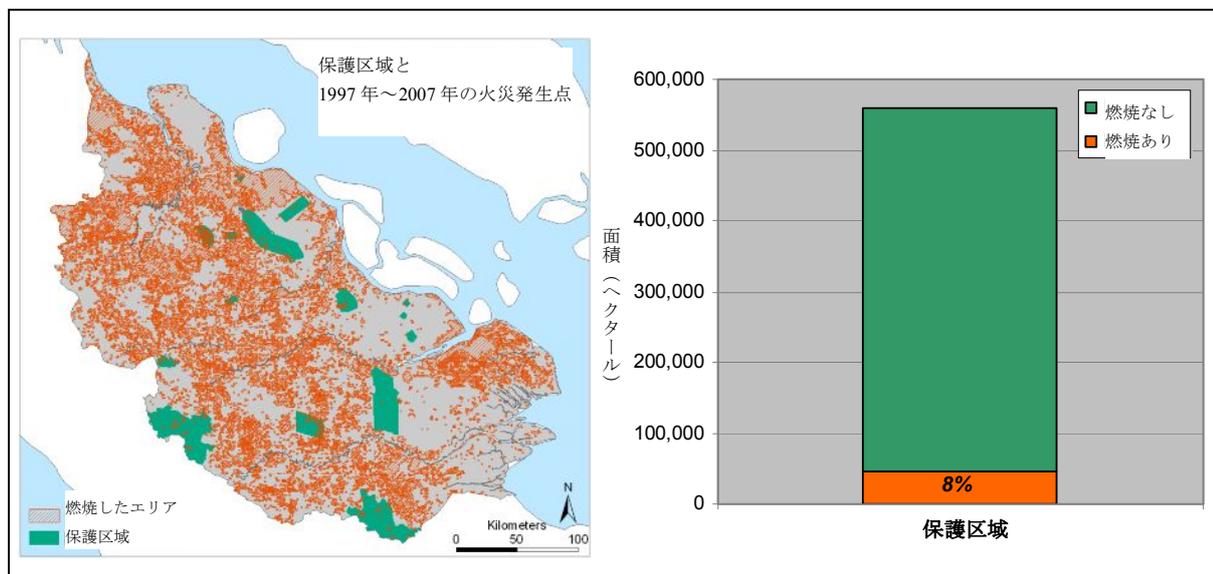
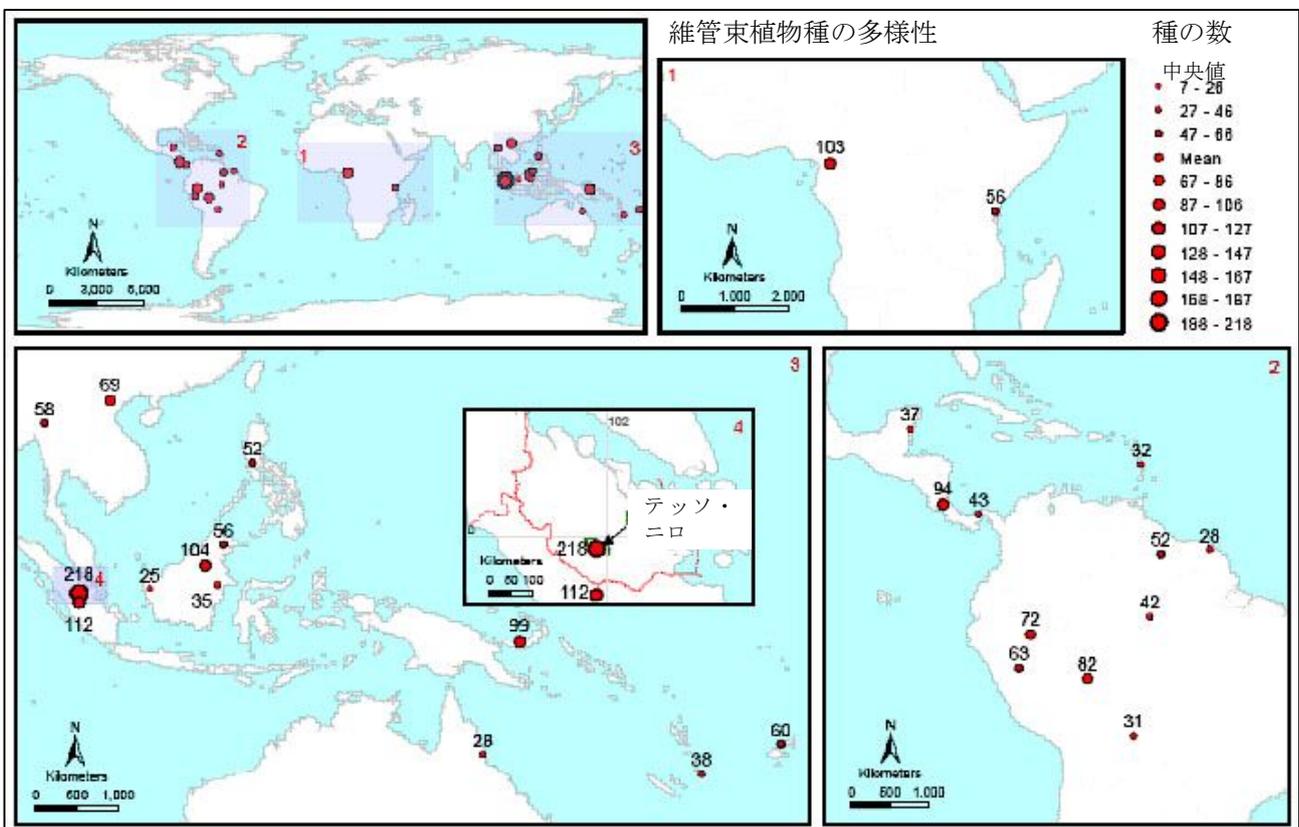


図21.—国が管理する保護区域（緑）内での火災の発生（赤い点）

9. 生物多様性

9. 1 リアウの森林における多様性

ある世界的な比較研究によれば、リアウ州中央部の低地乾燥地域であるテッソ・ニロ森林 (Tesso Nilo forest) の維管束植物種の多様性は、同研究で調査された世界のどの熱帯雨林より豊かであるということがわかった⁵¹ (地図 8)。二番目に多様性に富むのはスマトラ島ジャンビ州に広がる森林である。この調査では、世界の低地林で同等レベルの植物多様性を持つ場所を示す発表された記録を見つけることはできなかった。植物を基本とする生物多様性を調査する同じ方法を用い、海拔 0m から 550m の高さの低地熱帯林のこれまで 1,800 以上の区画が調査されたが、その中で最も多様性に富むと記録された場所よりもテッソ・ニロ森林の種の多様性ははるかに多かった。その調査範囲は、次の 20 の国または独立属領に及ぶ；オーストラリア、ボリビア、ブラジルとペルー（東および西アマゾン河流域）、カメルーン（コンゴ河流域）、コスタリカ、フィジー、ガイアナ、フランス（フランス領ギアナおよびマルティニク）、ケニア、インドネシア（ボルネオおよびジャワ）、マレーシア、メキシコ、パプアニューギニア、パナマ、フィリピン、タイ、バヌアツ、ベトナム。



地図 8.—世界の熱帯雨林における維管束植物種の多様性の比較調査箇所

インドネシアの科学アカデミー-LIPI の調査で、リアウのテッソ・ニロ森林は、スマトラ島のどの森林よりも多様性に富む事がわかった⁵² (表 2)。テッソ・ニロ森林の多様性が驚くべきレベルであることがわかり、LIPI はインドネシアの林業省にその森林を保護するよう勧めた。しかし 4 年後の 2007 年までに、当初調査された森林のわずか 4 分の 1 しか政府は保護しなかった。残りの地域を国立公園として区画するという林業省の許可は、2001 年以来保留されている。

表2.—インドネシア・スマトラ、6つの森林調査箇所での樹木種の多様性比較²

場所	区画の 大きさ (ha)	樹木の 種類	樹木の密 度 (/ha)	種の多様 性指標
テツソ・ニロ森林域	1	215	557	9.11
アラス川、ルスル国立公園、アチェ州	1	81	542	3.48
ケタンベ試験林、ルスル国立公園、北スマトラ	1.6	132	480	4.76
ブキ・ティガプル国立公園、ジャンビ州	0.09	30	610	4.04
リンボパンティ (海拔 800m)、北スマトラ	1	145	429	7
リンボパンティ (海拔 200m)、北スマトラ	1	80	451	3.76



リアウ州、テツソ・ニロの森 © WWF

9. 2 リアウのスマトラゾウの個体数と生息地の現状



リアウのパーム農園でのスマトラゾウ © WWF

リアウのゾウの個体数は、1985年から2007年の間に4回評価されている（図22、表3）。それらの個体数評価は全ておおよそのものである。個体数調査は地元のコミュニティーへの聞き取り、人間とゾウの衝突があった場合の観察や、糞の量、足跡調査で得たデータなどに基づいている。調査チームは、明らかに1つのゾウの群れだと思われる集団（いわゆるゾウポーチ）のおおよその範囲を線引きし、各ポーチに何頭のゾウがいるか評価した。

ゾウの個体数は減少しており、1984年に平均1,342頭だったのが2007年に210頭（図22）になり、23年の間に84%減少した。これは同期間のリアウの森林消失65%より早いペースである（図22）。ゾウのポーチ数は、1984年の9から1999年には16に増えたが、これは森林が細分化され、広範囲に渡る空地や農園によってゾウの群れが隔てられてしまったからである（地図9）。2007年までに、ロカンヒリー（Rokan Hilir）、ケルムタン（Kerumutan）、コトパンジャン（Koto Panjang）、ブキリンバンバリン（Bukit Rimbang Baling）、タンジュンパウ（Tanjung Pauh）、ブクスリギ（Bukit Suligi）のゾウは死滅し、ゾウポーチの数は2003年の15から9に減少した（表3、地図9）。

表 3.—スマトラ・リアウのゾウの個体数と分布の推計

年	ゾウの推定個体数	ゾウの推定個体数の平均値	識別されたゾウのポーチ	年間の平均個体減少数	出典
1985	1067-1617	1342	11		Blouch and Simbolon, 1985 ⁵³
1999	709	709	16	45	Dinas Kehutanan Provinsi, 2002 ⁵⁴
2003	353-431	392	15	79	Fadhli N, 2004 ⁵⁵
2007	174-246	210	9	46	Departemen Kehutanan, 2007 ⁵⁶

ゾウがいなくなることは、人間とゾウの衝突と密接に関係していると思われる。そのような衝突が起きているのは、ゾウが生息する森林が畑やパーム農園に転換され、その作物がゾウにとって代替の食料となっている場所である。ゾウが大量に毒殺される事件が4件報告されている。2002年、17頭のゾウが北スマトラのタパヌリセラタン（Tapanuli Selatan）のマハト付近で毒殺されている

のが発見された。2004年には6頭のゾウがロカンフル（Rokan Hulu）で毒殺された。2005年、マハト付近のケペヌハン（Kepenuhan）で6頭が毒殺され、2006年にもう6頭がマハトで毒殺された。他にも発見されていないがゾウの毒殺が行われていると思われる。

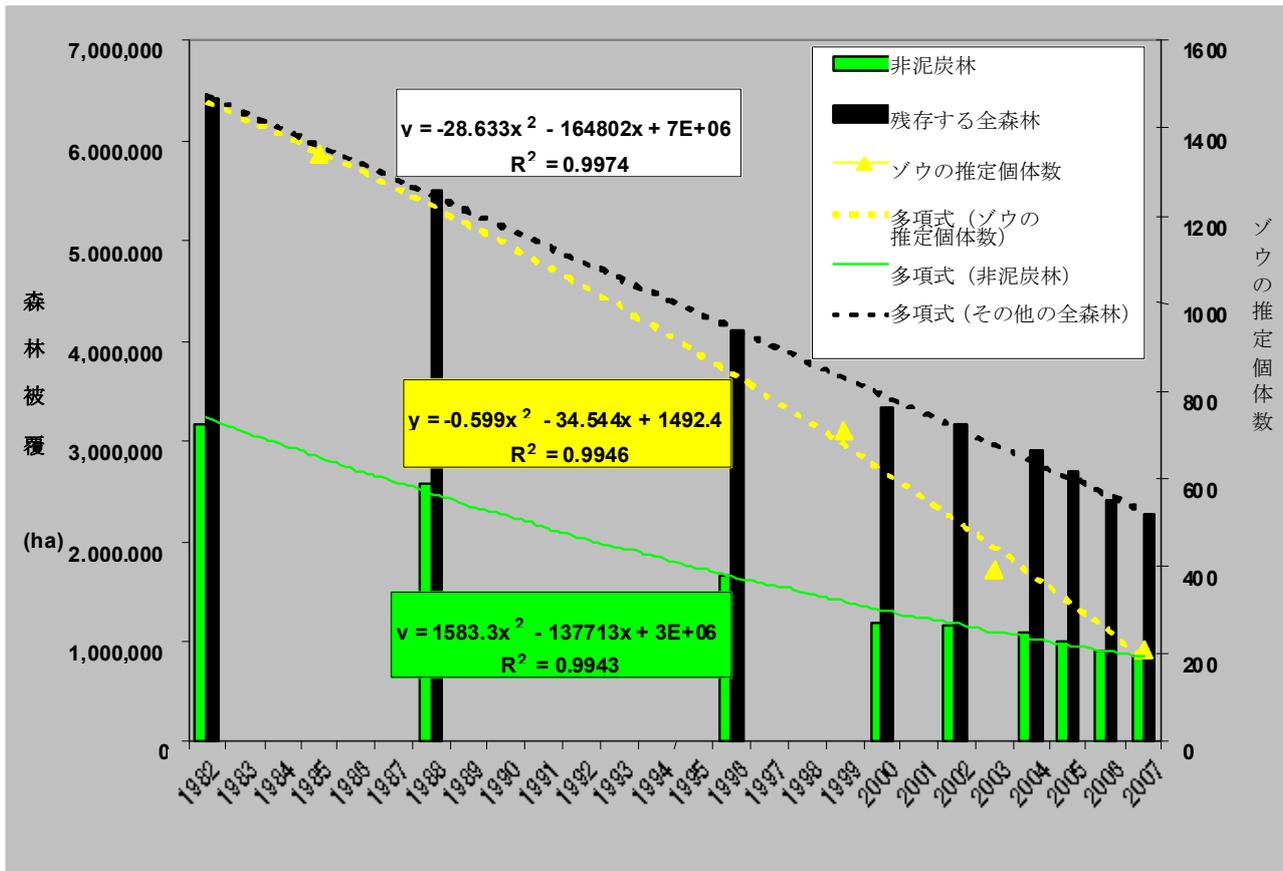


図 22.— 1982 年から 2007 年のリアウの森林被覆、非泥炭林被覆とゾウの推定個体数

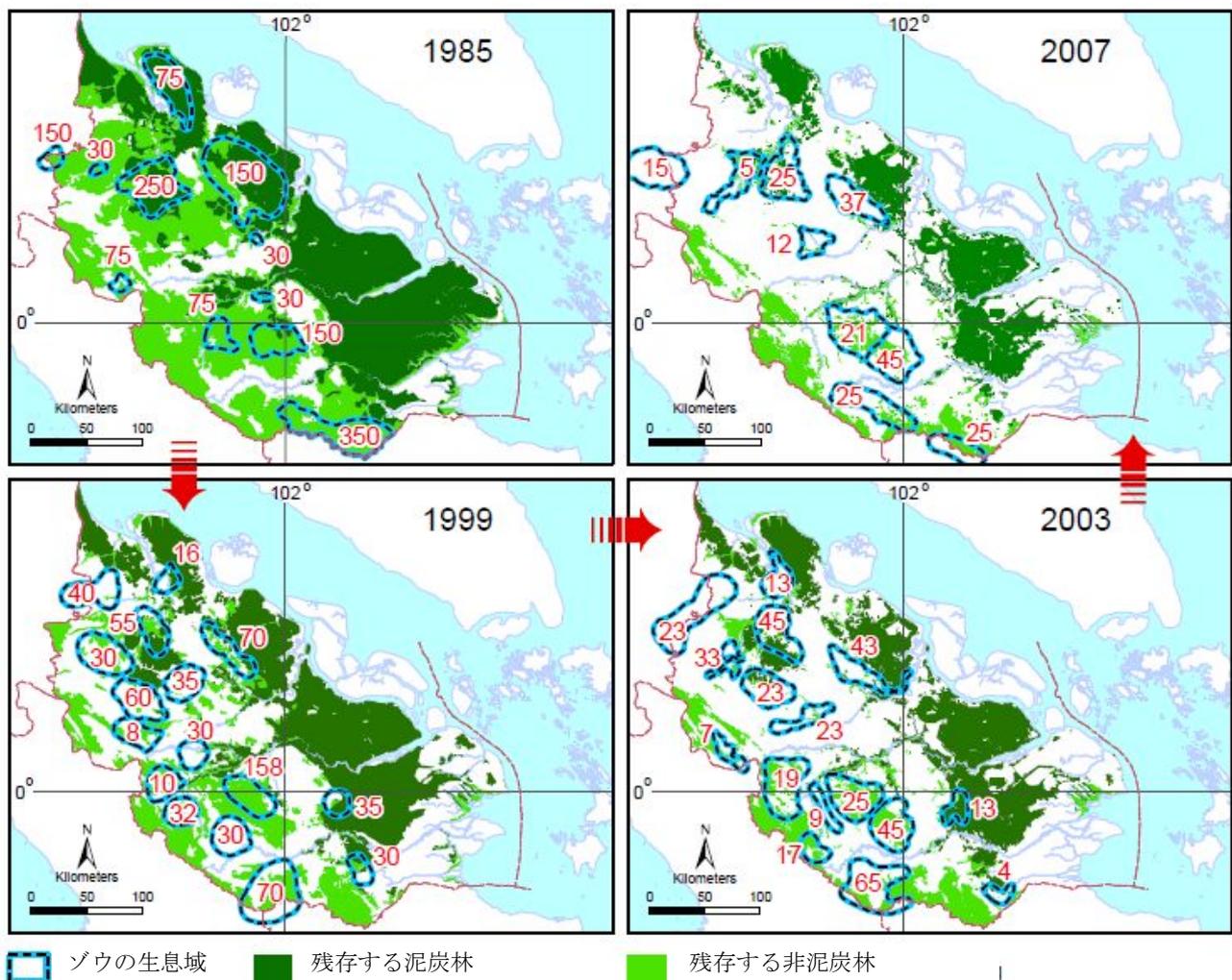
人間との衝突が原因でゾウの個体数減少が起こっている追加的な証拠として、2000 年から政府のチームによって多くの動物たちが捕獲されているということがあげられる（表 4）。WWF は少なくともそのような捕獲を 221 頭把握しており、発見されていないが、もっと多くの捕獲の可能性もある（表 4）。WWF の推測では捕獲されたゾウは捕獲場所、あるいは収容施設へ搬送された後、または自然に放された後で死んでいる⁵⁷。WWF と州の保護当局は、テッソ・ニロ森林周辺にいわゆる「フライング・スクワット (Elephant Flying Squads)」を立ち上げ (www.wwf.or.id/TessoNilo)、野生のゾウを訓練し、侵入してくるゾウに畑や農園が荒らされるのを防いでいる。このフライング・スクワットは、人間とゾウの衝突を緩和させるためにこの州で行われている唯一の真剣な試みである。それ以外では、一般的に農園の所有者と当局は他の場所で効果が実証されている比較的破壊的でない衝突緩和の手法を採用せず、作物を荒らすゾウを「取り除く」方を選ぶ。

表 4.— WWF の調査に基づく、2000 年から 2007 年にリアウの 6 行政区で政府が捕獲したゾウの個体数

行政区	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	合計
シアク (Siak)	-	-	-	-	3	-	-	-	3
ロカン・フル (Rokan Hulu)	-	-	10	19	5	13	-	10	57
プララワン (Pelalawan)	-	-	-	-	1	-	1	2	4
ペカンバル (Pekanbaru)	-	-	-	1	-	-	2	-	3

行政区 (前頁から続く)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	合計
カンパール (Kampar)	-	1	37	15	9	30	17	6	115
イドゥラギリ・ヒ リル (Indragiri Hilir)	16	10	-	3	-	-	-	-	29
ブンカリス (Bengkalis)	-	-	-	-	7	6	-	-	13
合計	16	11	47	38	25	49	20	18	224

ゾウの頭数とポーチは今後減少を続け、リアウでは2つのゾウの群れがなくなるだろうと考えられる(地図9)。多少のゾウが、まだ残っている生息可能な広さをもつテツ・ニロと、ブキティガブル国立公園の南部と西部の平坦および起伏のある斜面の2つの森林で生き残るかもしれない(地図9)。NGOは繰り返しインドネシアの林業省に対し、これらの森を保護しリアウのゾウを守るよう要請してきたが、まだ効を奏していない。そして森林は不法侵入と紙パルプ産業による転換の危機に瀕している



地図9a～d.—スマトラ・リアウの泥炭林(濃緑色)、非泥炭林(黄緑色)と、ゾウの群れが生息するおおよその範囲

9.3 リアウのスマトラトラの個体数と生息地の現状



リアウのスマトラトラ © WWF Riau Tiger Survey

バリトラもジャワトラも絶滅してしまった。スマトラトラはかろうじてまだ生存している⁵⁸。このような危機的状況になっている主な原因は、その生息地が消滅していることである^{59,60}。最近まで豊かな森林で覆われていたスマトラ最大の州リアウは、他州より多くのトラが生存している（していた）可能性がある。スマトラトラの主な生息地であり、それ以外にも非常に多くの種が生息しているリアウの森林は、警告を発すべき速さで消滅している。

明らかになっている個体群密度と 1982 年から 2007 年にかけての森林被覆の変化を基にして、リアウのトラの頭数の評価を行った。そして、本レポートの「現状維持」と「リアウ州土地利用計画案の実施」のシナリオに基づき、2015 年までのリアウのトラの個体数の推移を予測した。どの期間についても、トラが生息可能な大きさと判断される森林区画に基づいて、潜在的なトラの生息地を特定した。トラの生息区画を「タイガーワーキンググループ (the Tiger Working Group^{61,62})」に従って 2 つのカテゴリーに分類した。「主要な生息地」は、少なくとも 5 頭のトラが生息可能である区画と定義される。「飛び石的な生息地」は、主要な生息地の外側に位置し、最も小さい「主要な生息地」の 10% より大きい広さの森林区画と定義される。我々は、密度をトラ 1 頭あたり 100 km² と想定した。これはスマトラの様々な生息域、特にリアウでのトラ調査による最近の評価に近い値である^{63,64}。1 頭あたり 100 km² だとすると、最も小さい「主要な生息地」は 50,000 ha となり、最も小さい「飛び石的な生息地」は 5,000 ha となる。

2007 年は、州全体の詳細な土地被覆データが得られた唯一の年であり、次の点を考慮に入れてトラの生息地の条件を予測した。(1) トラが使用するとみなせる森林地域と非森林地域の利用可能性 (2) 攪乱の指標として、道路までの距離。我々は 0 から 3 で、「大変悪い」から「良い」までを表す数値を割り当てた。これはサンダーソンらが開発した異なる土地被覆の質的分類法に基づいている⁶⁵。「道路までの距離」の対数と土地被覆の得点の積を、「データ無し」も含め 10 等分の階級に分類し、高得点の上位 3 階級を「良い生息地」とした。全モデルの詳細は正規のテクニカルレポートに記載されている⁶⁶。いずれのモデルにおいても以下の通り想定した。

- 自然林は唯一のトラの重要な生息地である。（主に生息地を「森林のみ」とみなすモデルについて）。
- トラの個体群密度は自然林のタイプが異なっても同じである

- トラの生態特性は不変である
- 生息地の変化に対するトラの反応は不変である
- 使用した個体群密度の評価は正確で不変である
- 「飛び石的な生息地」と同等の広さ、またはそれより大きい各区画は、同じ密度でトラが生息している

トラの個体数減少は森林減少よりも早く進行している。1982年には、リアウに6,395,392 haの「主要な生息地」と「飛び石的な生息地」があり、640頭のトラを養える広さだった（図23）。1982年時点の連続した森林の広がり、リアウのトラの個体群を互いに隔てることはほとんどなかった（地図7）。当時、リアウには「主要な生息地」となる森林域は3つしかなく（訳者注：分断されていないため生息地の“数”は少ない）、そのうち2つはそれぞれ367頭、241頭のトラを養うことができる程度の広さである。トラはこれらの生息域の中だけで「自立して」生きていけると考えられていた。2007年までに、生息可能域が急減。トラの個体数は70%減少し192頭になったと推定された。トラの推定個体数が、森林減少の速度よりずっと速かったのは、生息地の分裂が原因である。2007年までに森林中の生息域は9つの小さい生息地に分裂し、いずれの区域も50頭以上のトラを養うことはできない（地図7）。しかし、リアウの南部と西部にある主要な生息地はまだ隣の州の森とつながっている。それゆえ、これらの個体群の生存はリアウ周辺の生息地の大きさにも左右される。

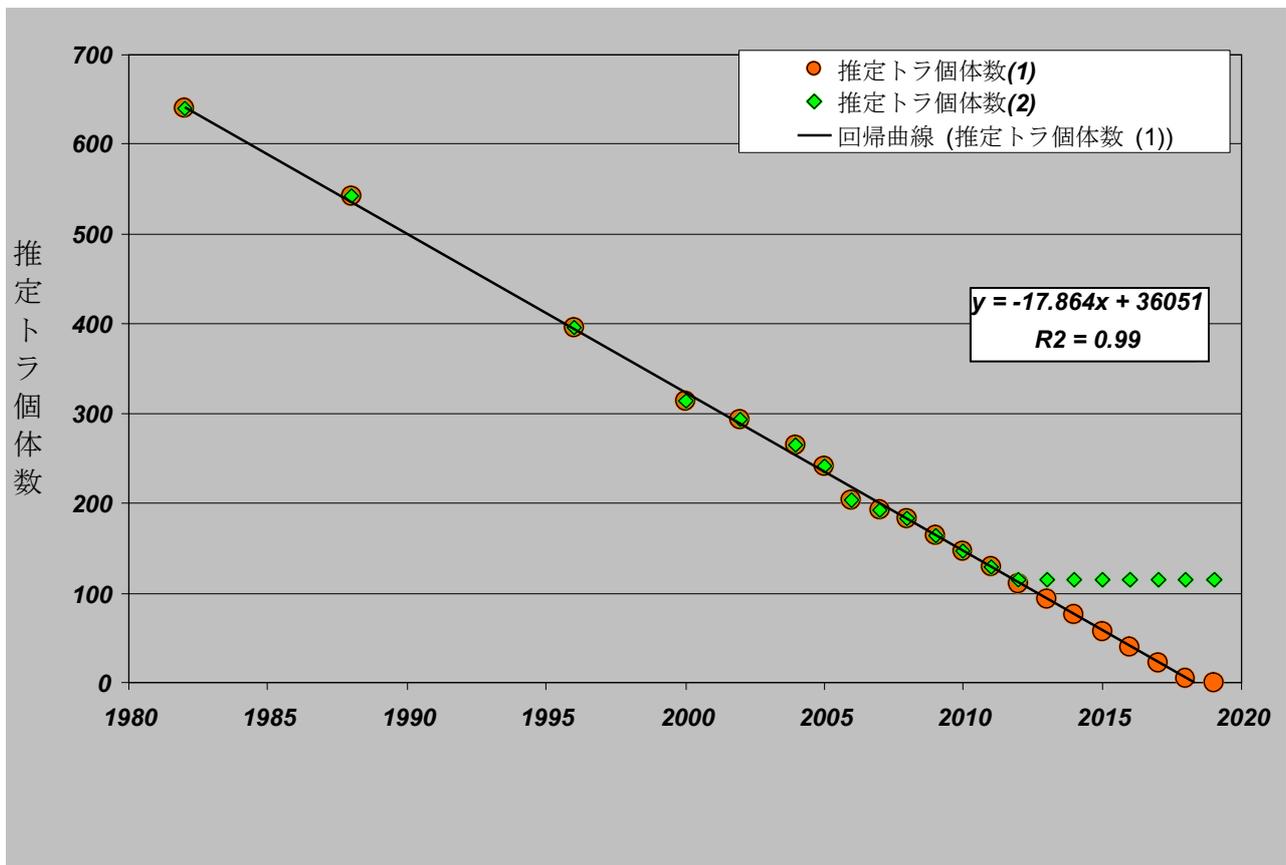


図23.— リアウのトラの推定個体数は1982年から2007年までの利用可能な生息地に基づいている。また2008年から2019年までの個体数の予測は2種のシナリオに基づいている。注：上記はシナリオ(1)の回帰曲線（ただし2008年から2019年までの推定データは除く）。

潜在的な分布辺縁域（非森林域）を2007年のモデルを加えると、トラの推定個体数は192頭（生息域を「森林のみ」とするモデル）から278頭（詳細な土地被覆および攪乱モデル）になる（表5）。しかし、トラによる非森林区域の生息地としての利用に関する詳細な研究は現在も継続中で

あり、そうした土地利用についての信頼できるモデルのデータは今のところ入手できない。

表 5.—2007 年のリアウ全土での「森林のみ」と「詳細の土地被覆および攪乱モデル」の比較

	2007 年土地被覆のモデル	
	「森林のみ」	「詳細の土地被覆 および攪乱」
# 主要な生息地	9	12
# 飛び石的な生息地	26	28
主要な生息地および飛び石的な生息地の総面積 (x 100 km ²)	191.8	277.6
推定トラ個体数	192	278

表 6.— 2015 年のシナリオ「現状維持」と「リアウ土地利用計画案の実行」の比較

	2015 年土地被覆予測のモデル	
	(1) 「現状維持」	(2) リアウ州土地 利用計画案
# 主要な生息地	4	8
# 飛び石的な生息地	5	12
主要な生息地および飛び石的な生息地の総面積 (x 100 km ²)	45.5	115.4
推定トラ個体数	46	115

シナリオ (2) 「リアウ州土地利用計画案の実行」はシナリオ (1) 「現状維持」より良いが、どちらのシナリオにおいてもトラが長期間にわたりリアウで生き延びることはできそうもない。シナリオ (2) では、2015 年までに 8 箇所の主要な生息地が残るが、いずれもトラ 20 頭以上を養うことはできない。主要な生息地と飛び石的な生息地は合わせても約 11,545 km² であり、リアウでは約 115 頭のトラしか養うことができないのである (表 6)。現実にはモデルの予想よりさらに悪い可能性があり、人間がさらにトラの領域に侵入すれば衝突によるトラの殺害が増加するだろう。シナリオ (1) 「現状維持」では、2015 年までには現在国が管理している保護地域外の森林および生息地は全て消滅するだろう。このシナリオによれば、主要な生息地はわずか 4 つで、それぞれ完全に分断される。モデルにより予測される「飛び石的な生息地」さえ「主要な生息地」から大きく離れすぎてしまうため、機能を果たさなくなる。46 頭が生き残ると予測されているが、おそらく長く生きることはいかなるシナリオでもできないだろう。

トラが生きるためには、草木に覆われた土地、餌となる豊富な大型動物、歩き廻り狩りのできる広い土地、そして殺害からの保護が必要である⁶⁷。長い年月を生き残るには、1 つの亜母集団に最低限の個体数が必要であり、サンダーソンら⁶⁸によれば、その個体数は 100 より少なくってはならないとしている。現在のリアウでのトラの生息地の状況を考えれば、長期間にわたりその個体数を維持するためには、「主要な生息地」をコリドーや「飛び石的な生息地」で繋がなくてはならない。

10. REDD – 排出

詳細な土地被覆とその変化の情報に基づき、1990年から2007年の17年間のリアウ州における森林減少、森林劣化および泥炭分解によるCO₂排出量の評価を試みた。この推計は、炭素ストックおよび炭素排出（ストックの減少）の多くのプロセスについて詳細なデータが入手不可能なため、実際の排出より大幅に過大もしくは過少評価している可能性があることを認識している。しかし可能性のある全ての誤りや不確実性を考慮しても、この結果は少なくとも排出量の規模は正しく示していると確信している。

自然林から置き換わったアカシア植林およびアブラヤシの成長による炭素隔離も算出した。TNBTK保全景観の排出値から、リアウ州本土830万ヘクタール全体の排出を推定した。炭泥火災による排出については、TNBTK保全景観とリアウ州の本土全体について1997年から2007年まで評価した。1982年から2007年までのリアウ州本土の森林減少の進行に基づき、2015年までの開発を予想した2つのシナリオ(1)「現状維持」と(2)「リアウ州土地利用計画案の実施」それぞれの場合の排出モデルを作成した。



テツ・ニロでのアカシア植林開発のための皆伐。リアウに残るゾウの最後の生息地の1つでもある © WWF インドネシア

バイオマスデータ⁷²を用いている TIER 2 レベルに従っている。TIER 3 で求められている全土地被覆の変化および森林劣化の面積を評価するためにリモートセンシングが(6章参照)広範囲に利用された。

土地利用変化による CO₂ 排出は、炭素ストック変化 (Stock-Difference) 法に従って概算した。この方法は、IPCC によるインベントリ報告ガイドライン (2006)⁶⁹に示された時間 t_2 と時間 t_1 におけるバイオマスの炭素ストック量の違いを評価するものである。バイオマス炭素の値は、GMES 森林モニタリング⁷⁰プログラムで行われた調査と、インドネシアおよび東南アジアの森林生態系における様々な熱帯土地被覆でのバイオマス測定に関する文献調査に基づいている(附録8 バイオマス評価のための文献)。バイオマスに含まれる炭素量は IPCC によるグッドプラクティス・ガイダンス (2006)⁷¹で推奨されている50%に設定した。

この方法論は、排出係数として IPCC 基準値を使用している TIER 1 レベルと比べて改良された方法である。排出係数と炭素量の変化の評価は、各国固有の森林バ

異なる土地被覆のバイオマスは、あるタイプの土地被覆について発表されているバイオマス全値の中央値を計算し決定した。特定の森林タイプ内のバイオマスは、成長環境が異なるため、地域によって様々である。このような地域的差異は、発表されているバイオマス測定の統計的分析にある程度含まれている。1種類の土地被覆内におけるバイオマスの差異に関するより正確な計算については、広範囲での現地測定、森林簿データ、地上でのアクセスが非常に困難な場所での恒久的なサンプリングが必要となるだろう。それに加え、ランドサットの衛星画像は、より詳細な評価を行うには解像度が低すぎる。これには、高解像度の上空からの画像と、3次元ライダーのデータが必要である。この地域において、2000年以前の衛星データは他にないので、より高解像度のデータに基づいた評価は不可能である。

森林減少および森林劣化で失われた炭素は全て大気中に放出されると仮定して排出量は算出された。この仮定はやや過大評価につながるかもしれない。なぜなら、伐採されたバイオマスの中で紙や家具に変わった量は明らかになっていないからである。

泥炭土の分解(泥炭酸化)による CO₂ 排出は、詳細な文献の検討と、ボルネオでの北海道大学の

長期にわたる測定に基づいている。泥炭の燃焼による CO₂ 排出は、公表されているデータと独自の長期にわたる科学研究（EUTROP, STRAPEAT および RESTOREPEAT プロジェクト）に基づいている。

森林バイオマスの燃焼による排出は考慮されていないが、これは実際に燃えた泥炭等の量、燃焼強度、焼損の程度の規模、あるいは他の重要なパラメーターなどのデータが実質的に入手不可能であるからである。

CO₂ 排出量評価の不確実性

全ての計算は仮定と単純化に頼らざるを得なかった。様々な不確実性の重なりは、誤りの拡大に繋がる。我々の評価に誤差の範囲を加えていないのは、計算要素の誤りのレベルを正確に数量化することができないからである。各計算要素は、全体として不確実性につながっている。しかし、全ての誤りを考慮し反映させたとしても、排出量の規模は正しいと確信している。なお、不確実性につながる誤りの情報とは以下のものである。

1. ランドサット TM/ETM の土地被覆および土地被覆変化図の品質（作動の誤り、何らかのデータの脱落、等級の定義づけの不正確さ、植生の種類や森林劣化の区分の推移が不正確、画素の混合など）
2. 森林減少および劣化による CO₂ 排出（場所および種によるバイオマスの変化、森林劣化の程度など）
3. 泥炭分解による CO₂ 排出（場所および時間による水位の変化）
4. 燃焼泥炭による CO₂ 排出（燃焼地点の深さの違い、酸化など）

1 に関して、土地被覆地図の作成は視覚的解釈によって行われた。結果は解釈者の能力と経験に大きく左右されている。土地被覆地図は、リアウの現場で何年にもわたり働いた経験を有するインドネシアの GIS および RS の専門家によって作成された。土地被覆地図はフィールドおよび飛行機による上空からの観察によって確認されている。

2 に関して、バイオマスの値は、詳細な文献調査に基づいている。より詳細なデータは入手不可能である。

3 および 4 に関して、CO₂ 排出量の評価は、最新の測定方法、著者らによる長期にわたる研究、文献の詳細な評価に従っている。

10.1 森林減少および地上バイオマス劣化による CO₂ 排出

10.1.1 1990 年～2007 年のリアウ州 TNBTK 保全景観における排出

第 6 章の森林減少および劣化の分析データを利用し、炭素損失と CO₂ 排出に関連するバイオマス損失を評価した。WWF の土地被覆データベースでの TNBTK 保全景観およびリアウ全土の土地利用分類はそれぞれ、地上バイオマス（Above Ground Biomass (AGB)）の推計（附録 8 バイオマス評価のための文献）の中央値とリンクさせた。この割り当ては、参照した文献内の土地被覆および森林の種類の記事に基づいている。転換された土地被覆について、アカシア植林やパーム農園が新たに作られることによる炭素隔離は別に計算した。

失われた森林のバイオマスに固定していた炭素は、CO₂ として放出されたとみなした。二酸化炭素は 44 g/mol のモル質量を有しており、炭素は 12 g/mol 有している。そのため C から CO₂ への変化は、 $X C = X \cdot 3.66 CO_2$ で計算される。

1990 年から 2007 年の間、TNBTK 保全景観の森林減少および森林劣化により、森林バイオマスから炭素 0.22 Gt C の損失（1990 年の 0.40 Gt C から 2007 年の 0.18 Gt C に減少）が起こり、CO₂

排出量は0.81 Gt CO₂であった。

10.1.2 1982年～2007年のリアウ州の土地被覆変化による排出

2007年以前のリアウ州全体の土地被覆地図はまだ入手できない。そのため、リアウの1982年森林・非森林地図を利用して炭素蓄積を評価した。まず TNBTK 保全景観の1990年土地被覆データベースで各タイプが占めているのと同じ割合を使用して、1982年の森林を4つのタイプ（乾燥低地、泥炭、沼地、マングローブ）と、3つの樹冠タイプ（大きく開いている、中程度に開いている、閉じている）に分けた。森林の一般的な状態（バイオマスの量）は1990年より1982年のほうが良かったため、炭素貯蓄の減少およびCO₂排出についての我々の評価は控えめである。

我々の評価では、1982年から2007年にかけて、リアウの森林減少と森林劣化により、森林バイオマスに蓄積されている炭素は0.57 Gt C 損失した（1982年の0.89 Gt C から2007年には0.33 Gt C^{xi}）。これによりCO₂排出量はおよそ2.08 Gt（図24）となる。非泥炭林の減少と劣化は、0.36 Gt Cの排出につながり、この量は1.31 Gt CO₂に等しく、評価した全排出量63%にあたる。

10.1.3 2007年～2015年のリアウ州での予想排出量

6.4章で「現状維持」と「リアウ州土地利用計画案の実施」の2つのシナリオに基づき、2007年から2015年にかけてのリアウ全域の泥炭林と非泥炭林の森林減少について予測を行った。これらのモデルに基づき、2007年から2015年に可能性のある森林減少によるCO₂排出の評価を行った。

- 「現状維持」シナリオ (1) に基づいたリアウの森林減少では、バイオマスに含まれる炭素ストックの損失は0.26 Gt C（2007年の0.33 Gt C から2015年の0.07 Gt C）であり、0.94 Gt CO₂の排出につながる（図）。
- 「リアウ州土地利用計画案の実施」シナリオ (2) に基づいたリアウの森林減少では、バイオマスに含まれる炭素ストックの喪失は0.13 Gt Cであり、（2007年の0.33 Gt C から2015年の0.19 Gt C）, 0.49 Gt のCO₂排出^{xii}につながる（図24）。

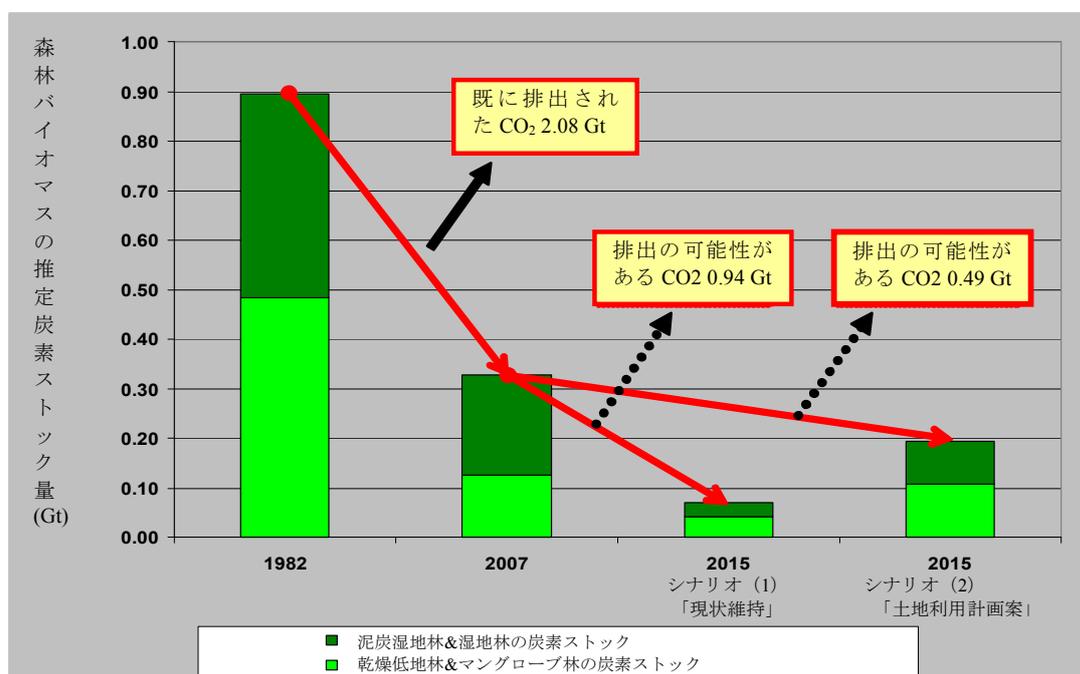


図 24.—1982年から2007年の、リアウの森林減少および劣化によって放出される炭素量評価と、「現状維持」と「リアウの土地利用計画案」の2つのシナリオに基づく2015年までに可能性のある排出

^{xi} 数字は全て概数です。

^{xii} 数字は全て概数です。

10.2 地下の泥炭バイオマスの分解および燃焼による CO₂ 排出

荒れていない泥炭湿地林および熱帯の泥炭地には、大量の炭素が貯蔵・隔離されている⁷³。ヘクタール辺りのバイオマスは、泥炭の上に堆積する森林バイオマスより 10 から 15 倍多い。泥炭土壌は森林減少や火災が起こると、大量の CO₂ を放出する。それゆえ、排出量の分析には、泥炭地の生態系も含めて考えることが重要である。

植生という覆いが泥炭地から取り除かれると、泥炭土壌の炭素バランスは次の 2 つの面で影響を受ける。1) 泥炭を形成している植物による炭素隔離が止まる。2) 泥炭土壌が有機物の分解によって CO₂ 排出を始める（主に泥炭分解）。根や地上部分の植物による独立栄養呼吸も CO₂ 排出の原因である。泥炭層の水の循環が乱れると、泥炭分解は自然に起こる可能性がある。泥炭分解による炭素排出量は、通常、泥炭の炭素隔離量を上回る。最も劇的に大きな排出が起こるのは、土地利用の変化により泥炭地の燃焼が起こるときである。排水や開墾という人の手の介入によって、泥炭の分解および火災が引き起こされる。

10.2.1 1990 年～2007 年のリアウ州 TNBTK 保全景観における泥炭分解による排出

泥炭地を農地や植林・農園として開発する場合、泥炭土壌を好気性にし、水分を弱酸性にするために排水しなくてはならない。微生物の活動による酸化を通じて、排水された泥炭層は急激な分解にさらされる。エルニーニョが発生した際には乾期が通常より長期化するが、この間に地下水面が非常に低くなり（地表面から 2 メートル以上も下がることしばしばある）、乾燥した泥炭層の酸化がさらに進む。それと同時に泥炭は火災にもさらされやすくなる。

泥炭分解による CO₂ 排出の評価を行うため、1990 年から 2007 年の間に TNBTK 保全景観の泥炭林のうち転換された 691,733 ヘクタールについて、転換後の用途別に排出値を決定した（表 7）。泥炭分解は、泥炭表面下の平均地下水位に密接に関係しており、すなわち排水に関係している。CO₂ 排出量を見積もるために、文献の検証とサラワク⁷⁴および中央カリマンタン⁷⁵での長期にわたる研究結果に基づき、その測定した泥炭分解量を、排水の状況と土地被覆に相関づけた（表 7）（附録 8 バイオマス評価のための文献）。排出値は、それぞれの土地被覆の転換状態に平均し割り当てられている。地下水面の季節的変動を相殺するため、比較可能な地域と生態系を含んでおり、少なくとも 1 年間の実施期間がある発表された測定値のみを選んだ。既存のプランテーションでは、CO₂ 排出は累積するとみなした。

以下の計算で誤りの原因として考えられるのは次の点である 1) 地下水面の年間を通じた変動が考慮されていない。特に通常より水面が高くまたは低くなるエルニーニョまたはラニーニャの年にはこれがあてはまる。2) CO₂ 測定のほとんどは土壌の表面で行われた。そのため植生の成長に伴う炭素隔離は記録されていない。3) CO₂ フラックスについての発表された現場測定値および独自の測定値は、排水期間⁷⁶のある「断片」を表しているにすぎない。測定はしばしば全く異なる状況で行われた。例えば、最初の排水から時間が経過して、過去の土地利用区分から変化しているような場合である。現在のところ一貫した比較可能なデータは存在していない。出来る限り我々は、長期の比較可能な測定値だけを使っているが、標準偏差は高くなっている（表 7）。しかしここに採用した方法は、熱帯の泥炭地からの排出評価の出発点として妥当なものである。

表7.— 異なる土地被覆ごとの泥炭（有機物）分解によるCO₂排出（t CO₂/ヘクタール/年）. AG：農地），PL：プランテーション，CB：皆伐されたまたは燃焼した森林（立木なし）

土地被覆分類	土地利用	平均排水	平均	中央値	標準偏差	最高値	最低値
アカシア植林	AG+PL	53	85	84	41	165	5
パーム農園	AG+PL	53	85	84	41	165	5
小規模パーム農園	AG+PL	53	85	84	41	165	5
更地	CB	21	29	26	9	48	22
荒地	CB	21	29	26	9	48	22
その他の土地被覆	CB	21	29	26	9	48	22

表7に基づき、1990年から2007年までのTNBTK保全景観での泥炭分解によるCO₂排出は、0.11 Gt Cと評価した。合計で0.43 GtのCO₂排出であり、これはパーム農園への転換によって生じた総排出量の47%に相当する。

10.2.2 1997年～2007年の、リアウ州における泥炭燃焼による排出

1997年から2007年における泥炭地でのホットスポットの時空間的な発生を分析した（図25）。焼け野原になった全てのホットスポットを、ウェットランドインターナショナル（Wetlands International）発表の泥炭地地図に重ねた。リアウの泥炭地1,107,605ヘクタールが少なくとも1度は燃えており、852,212ヘクタールが2回以上火災にあっている。インドネシアの法律では3メートル以上の深さの泥炭地は保護され、いかなる開発も禁止されている。しかし2メートル以上の深さの泥炭地で火災の多く（57%）が発生している。

火災によるCO₂排出の見積もりのために、過去の火災による泥炭消失について異なるシナリオを検討した。エルニーニョの年は、干ばつが厳しく地下水位が例年より低くなり1.50メートル以下となる。そのため燃焼はより激しくなり、泥炭の50cmが燃焼したと推定した⁷⁷。通常の年については、平均15cmの泥炭が燃焼すると推定した^{78,79}。全体で泥炭体積6.314 km³が燃焼した。この泥炭の炭素含有量は0.379 Gt Cである（表8）。リアウの泥炭地の火災による、CO₂排出は、1997年から2007年までで1.39 Gtにもものぼる可能性がある。

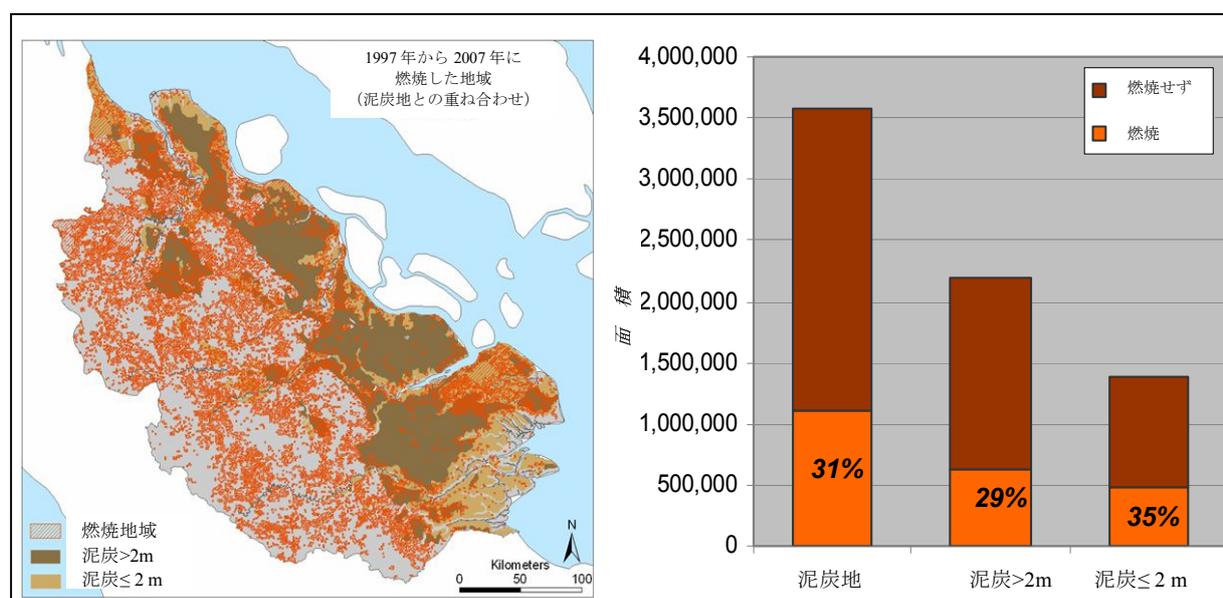


図15.— 1997年から2007年の間リアウで火災のあった地域 ウェットランドインターナショナル（Wetlands International）発表の泥炭地地図に重ねている。深さのある泥炭（>2m,濃い茶）と、浅い泥炭（≤2m,薄い茶）が色分けされている。

表8.— 1997年から2007年の泥炭火災によるCO₂排出量。

	焼失した泥炭地域 (ha)	体積 (km ³)	炭素含有量 (Gt) (60 kgC/泥炭 m ³)	CO ₂ 排出量 (Gt)
1997-2007	1,959,817	6.314	0.379	1.39

10.3 1990年～2007年のリアウ州 TNBTK 保全景観における総 CO₂ 排出

1990年から2007年の間に森林を転換して作ったアカシア植林、パーム農園、小規模パーム農園および荒地のCO₂吸収量を表9に示している。インドネシア特有のバイオマス値をこのCO₂吸収算出に利用した(附録7 バイオマス推計に利用した仮定)。

自然林を転換したアカシア植林とパーム農園は、0.13 Gt のCO₂を吸収した(表10)。アカシア植林は0.06 Gt の大気中CO₂を、パーム農園は0.07 Gt CO₂を隔離した。

表9.—リアウ TNBTK 保全景観で自然林を転換した植林・農園のCO₂吸収量(1990年から2007年)

	アカシア植林	パーム農園	合計
CO ₂ 吸収量 (CO ₂ /ha)	190.32	199.47	-
総面積 (ha)	345,856	333,417	679,273
CO ₂ 総隔離 (Gt)	0.06	0.07	0.13

森林の潜在的な隔離については評価していない。原生林の炭素隔離が平衡状態なのかCO₂排出に傾くのかは、専門家の間でもまだ論議されているところである。最近の発行物では一次熱帯雨林はCO₂を隔離するので、炭素吸収源であると述べている⁸⁰。しかし科学者の間で広く言われている意見としては、一次熱帯雨林は極相群落であり、つまりその環境の中で均衡がとれている(炭素隔離と炭素排出が等しい)植物群落である。地上バイオマスの燃焼によるCO₂排出については評価していないが、それは燃焼物の量、燃焼の激しさ、森林バイオマスなどについて不確実性が多すぎるからである。それゆえ、算出された最終的な排出量は控えめなもので、つまり過小評価している可能性がある。また、ココナツおよびゴム農園による炭素隔離も除いている。

2007年までに1.53 Gt のCO₂が排出された(表10)：

排出 = (森林減少 + 森林劣化 + 泥炭分解 + 泥炭火災) による排出 - (アカシア植林 + パーム農園) による隔離

注: 1997年以前の火災ホットスポット存在の記録がないため、泥炭地火災による排出量は1997年から2007年の間の評価しか行われていない。

表10.— 森林減少、森林劣化、泥炭分解、泥炭火災（1997年以降のみ）によるCO₂排出と、土地被覆転換によるCO₂隔離に基づく1990年から2007年のTNBTK保全景観の炭素収支の一覧^{xiii}

CO ₂ 排出および隔離 (Gt CO ₂)	1990 - 1995	1995 - 2000	2000 - 2005	2005 - 2007	1990 - 2007
森林減少による排出	0.17	0.31	0.14	0.02	0.64
森林劣化による排出	0.03	0.05	0.04	0.04	0.17
泥炭分解による排出	0.02	0.11	0.20	0.10	0.43
泥炭火災による排出	-	0.12	0.18	0.12	0.42
総排出量	0.23	0.59	0.56	0.28	1.66
アカシア植林、パーム農園による隔離	-0.02	-0.06	-0.04	-0.01	-0.13
実質排出量	0.21	0.53	0.52	0.27	1.53

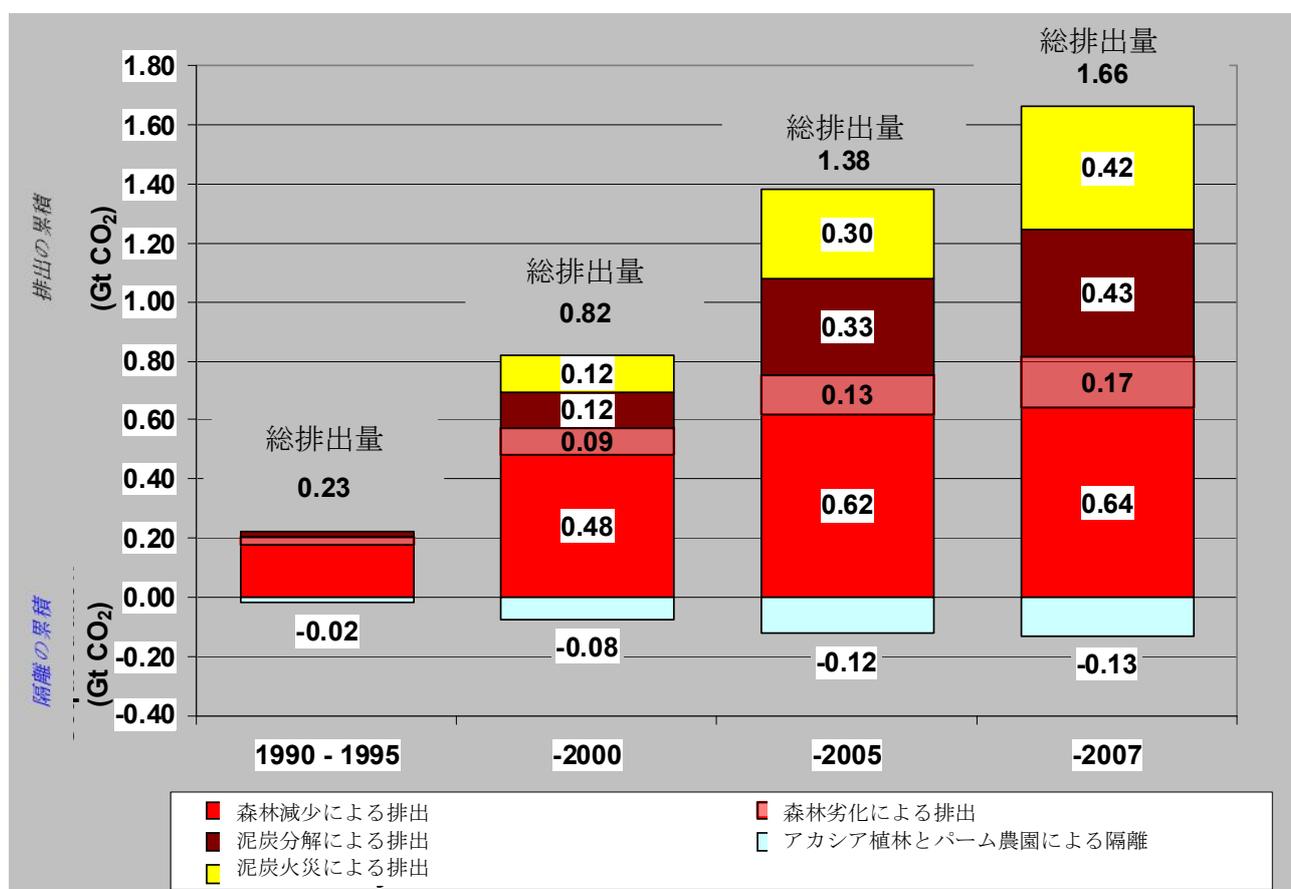


図 26.— 1990 年から 2007 年の TNBTK 保全景観の炭素収支。森林減少、森林劣化、泥炭分解、泥炭火災（1997 年から 2007 年）による CO₂ 排出およびアカシア植林とパーム農園による CO₂ 隔離を検討した。不確実性についての論議は 10 章のイントロダクション参照。

^{xiii} 数字は全て概数です。

10.4 1990年～2007年のリアウ州におけるCO₂排出

州全体のCO₂排出は、TNBTK保全景観の結果を推計の根拠として評価した。同様の土地被覆変化と泥炭からの排出は同景観の外でも発生していると仮定したためである。

リアウの二酸化炭素総排出量は3.66 Gt CO₂となった。内訳は、森林減少による排出が1.17 Gt CO₂、森林劣化による排出が0.32 Gt CO₂、泥炭分解による排出が0.78 Gt CO₂、そして泥炭火災による排出が1.39 Gt CO₂（1997年以降のみ）である（図27）。泥炭火災による排出は上記根拠による推計ではなく、州全土について分かるホットスポットデータを用いて直接計算した。

同期間において、自然林を転換して造られた製紙用材およびパーム農園の隔離は0.24 Gt CO₂である。それゆえ実質排出は3.42 Gt CO₂となる。

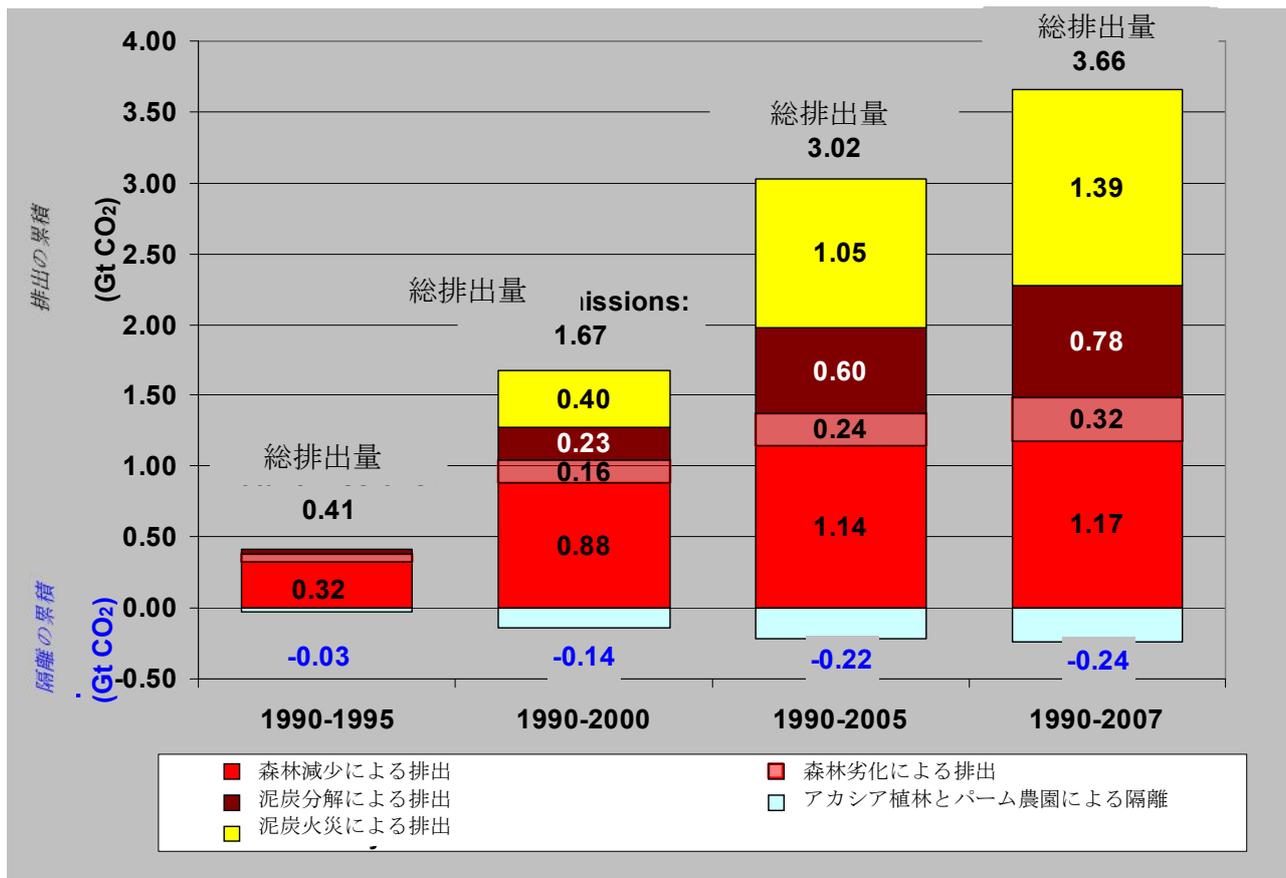


図27.— 1990年から2007年のリアウ州の炭素収支。不確実性についての論議は10章のイントロダクション参照。

過去17年以上、森林減少、森林劣化、泥炭分解、泥炭火災によるリアウのCO₂平均排出量は年間0.22 Gt CO₂にのぼる^{xiv}。これは2004年のインドネシアにおける化石燃料からの排出の79%に等しい⁸¹。

比較として、リアウの年間排出量は、オランダより多く(122%)、オーストラリアの半分以上(58%)、英国の3分の1以上(39%)およびドイツの4分の1(26%)⁸²に相当する(表11)。

ドイツが京都議定書目標を達成するために必要であった人為的な二酸化炭素排出の削減総量は、

^{xiv}植林や農園への転換による隔離はここでは考慮されていない。パルプ用木材およびパーム農園の隔離は年間約0.014 Gt CO₂である。

LULUCF（土地利用・土地利用変化および林業）からの排出・除去も含めて、1990年から2005年⁸³まで年間0.17 Gt CO₂であった。徹底した政治的、経済的改革とともに、数十億USドルにのぼる巨額の投資がドイツの目標を達成するには必要であった。リアウ州だけで、世界4番目の工業国であるドイツより二酸化炭素の年間排出量が多くなっている。

また0.22 Gt CO₂は京都議定書付属書I国の第一約束期間（2008年から2012年）における共同での年間排出削減目標の24%に相当する⁸⁴（表11）。

世界的なCO₂排出削減のためには、工業国の排出削減のみに投資されるのではなく、インドネシアなど発展途上国の熱帯雨林の森林減少を避けることによって排出を減らすことにも割り当てられればより効果的であろう。REDDの仕組みとREDD類似の自発的なプログラムが、世界的なCO₂排出削減に大きく貢献し、それによって気候変動および地球温暖化の緩和にもつながるであろう。

表11.— 1990年から2007年の森林減少、森林劣化、泥炭分解、泥炭火災によるリアウの平均排出量と、一部の国のCO₂排出との比較^{85,86,87}

	年間 CO ₂ 排出量 (Gt)	リアウの年間排出量と他国との比較
リアウ: 森林減少、森林劣化、泥炭分解、泥炭火災による総排出量: 3.66 Gt CO ₂ (1990 – 2007)	0.22	100%
インドネシア: エネルギー部門の排出量 (2004)	0.28	79%
オーストラリア: LULUCF からの排出・除去を含む総 CO ₂ 排出量 (2005)	0.38	58%
ドイツ: LULUCF からの排出・除去を含む総 CO ₂ 排出量 (2005)	0.84	26%
オランダ: LULUCF からの排出・除去を含む総 CO ₂ 排出量 (2005)	0.18	122%
英国: LULUCF からの排出・除去を含む総 CO ₂ 排出量 (2005)	0.56	39%
EC (欧州共同体): LULUCF からの排出・除去を含む総 CO ₂ 排出量 (2005)	3.16	7%
京都議定書付属書 I 国: 第一約束期間 (2008-2012) での共同年間温室効果ガス排出削減目標 (1990年のCO ₂ レベルから5%減)	0.93	24%

11. 結論

リアウのゾウは絶滅するだろう – それも早い時期に。

過去四半世紀で、リアウのゾウの **84%** が死んだ。おそらく現在リアウにはわずか **200** 頭が生息しているにすぎない。ゾウの死は森林減少に直接関係している。同州ではこの期間に森林の **65%**、**400** 万ヘクタール以上が消失した。ゾウが死んだのは、彼らの生息域が植林や農園に置き換わり、非常に細分化され、人間との衝突がこれまで以上に起こったためである。**2002** 年からだけでも、パーム農園内部あるいはその近くでのゾウの大量毒殺が **4** 件報告されている。森林から転換されたパーム農園や、多くは違法に転換された耕作地でえさを与えられ捕獲された後、数百頭ものゾウが殺されたか、「消えて」しまった可能性がある。



生息地であった森林から転換された耕作地でえさを与えられ、意図的に毒殺されたゾウの家族。リアウ州 © WWF Indonesia

トラもゾウと同様の速さで減少している。両方の種ともに個体数の減少は、森林面積の減少の速さよりも早く進行している。それは彼らの生息域が極度に細分化されたためだと思われる。リアウの森は非常に細分化され、ゾウを養えるほどの広さをもつ森林はわずか**2** つしか残っていない。テッソ・ニロとブキ・ティガブル国立公園の南と西側のなだらかに起伏している斜面である。前者は土地所有者または政府が法に則り侵入を阻止することがないままに、他州からの移住者に大きく不法進入されている。後者はリアウの製紙業者に森林転換の許可が与えられた。そして本レポートが作成されている間に、アジア・パルプ・アンド・ペーパー (APP) ⁸⁸ の関連企業によって大きな伐採搬出用道路が国立公園境界のすぐそばに建設されている。これらの森はゾウのために不可欠であるだけでなく、ブキ・ティガブルは、**2006** 年に世界



密猟され取引されていたトラの頭蓋骨 © Tariq Aziz

的に貴重なトラの生息地として分類された。そして今、オランウータンの数が急速に増加している。近々行われることになっている大規模な伐採でこれらの動物たちが生息地を失おうとしている。複数の NGO は政府に対し、隣接する国立公園を拡大してこれらの領域を保護するよう長期にわたり請願してきたが、まだ政府はこの要求に答えていない。



自然林内にのみ住む先住民、オランリンバ (Orang Rimba) 族の子どもたち。ブキ・ティガプル国立公園近くで伐採搬出用道路に出くわす。© WWF インドネシア

近年のリアウ州では、インドネシアのいずれの州よりも劇的な速さで森林減少が進んでいる。

我々の評価では、過去四半世紀で **0.57 Gt** のバイオマス炭素が失われ、森林減少によって **2.08 Gt** の **CO₂** が排出されている。2000 年頃までに企業は地球上で最も植物多様性に富む森林の幾つかを破壊した。このような低地乾燥林が少なくなるにつれ森林に入りやすくなり、企業はリアウの泥炭林に手をつけた。これらの泥炭地の 1 ヘクタール辺りの炭素ストック量は他のいかなる生態系よりも多い。既に **APRIL** 社は、リアウの泥炭地の中でも最大で最も深い地域であるカンパール半島

の一部で伐採をした。その半分には、大きな木材搬出用の林道が建設され、深刻なほどにその水循環を変化させてしまい、不法侵入や違法伐採の原因となっている。そして **APP** 社もこれに続き、**2007** 年にカンパール半島の最も泥炭で覆われている場所に、木材搬出用道路とともに深い排水用運河を建設し、中心部から排水している。



リアウのテッソ・ニロ国立公園拡大予定地内の不法侵入された地域で起きた火災 ©WWF インドネシア

世界的な気候変動に関連して、泥炭湿地林と熱帯の泥炭地が論議の中心となっている。なぜなら森林減少や火災があった場合そこから大量の **CO₂** が放出されるからである。泥炭湿地林はその下にあるもろい泥炭土壌を守り、泥炭の分解を防いでいる。もし攪乱されないのであれば、熱帯の泥炭地は重要な炭素の貯蔵庫として大量の **CO₂** を隔離する。我々の推計では森林減少および泥炭の減少によって、リア

ウでは 1990 年から 3.66 Gt もの CO₂ を排出している可能性がある。そのうち 59% は泥炭土壌の分解と泥炭火災によるものであった。リアウの森林減少に伴う年間 CO₂ 排出は、オーストラリアの 2005 年の年間総排出量の 50% に相当し、インドネシアの 2004 年エネルギー部門からの年間総排出量の 68% に相当し、オランダの年間 CO₂ 総排出量より多くなっている。植生が再び成長することや、自然林にとって代わったアカシア植林やパーム農園による炭素隔離は、わずか 0.39 Gt CO₂ にすぎない。

排出の幾らかは、水気のなくなった泥炭がバクテリアの活動で分解されるなど、意識されないうちにゆっくりと進んでいるものもある。その他の排出はヘイズ（煙霧）となって目に見える場合もあり、これは東南アジア全域で見られる。毎年、雨季が終わると、リアウは火災にさらされる。手のつけようがない野火で林地残材を焼き尽くし乾燥した泥炭の 50 cm ほどが焼失する。1997 年から 2007 年までに、72,000 回以上の激しい火災が繰り返し起こり、リアウに悪名高い“ヘイズ”（煙霧）が発生した。このヘイズは同州から近隣のシンガポール、マレーシアにまで厚く立ち込めた。リアウ州の面積の 31% が既に 1 回は燃えており、多くの地域が 2 回以上火災にあった。このような度重なる火災による被害は熱帯雨林の生態系にとって深刻な脅威となる。なぜなら、火災被害で森の再生が妨げられ、結果森林の生態系は草地になってしまうからだ。植林・農園事業による持続不可能な慣行によって、どれほどの炭素が煙となっただろう？ 衛星画像によれば、リアウで火災がほとんど見られない地域は、国立公園と、あまり手の入っていない広い連続的な泥炭湿地林だけだった。森林は手付かずであれば、火災は発生しないし炭素も閉じ込められたままである。森林が開かれてしまえば、火災が発生する。

リアウの森林減少の進行が減速したかに見えたことが 2 度だけあった。1 度はリアウの紙パルプ業界が 2000 年代の初めに多額の負債を負った時である。その間、APP 社は 139 億 US ドルの債務不履行に陥り、当時アジアで最大負債額で破産した。2 度目は、リアウの紙パルプ業界による違法伐採と森林転換について警察の徹底調査が入ったときである。しかしリアウの道路を伐採運搬用トラックが全く走らなかったのも 2007 年のわずかの間ではあった。



天然泥炭森林を開墾して建設された APP 社の新しい伐採搬出用道路 カンパール半島、リアウ
© WWF インドネシア

TNBTK 保全景観で製紙業界によって森林転換された面積のうち、96.2% が質の高く 40% 以上樹冠が閉じている森林であった。政府の規制ではパルプ用植林の開発は「荒地」だけに限るという事実にもかかわらずこのようなことが起きているのだ。「荒地」とは、やせた土地・焦土、草原、灌木地、非常に劣化した森林のことである。2007 年までに、1982 年に森林だった土地のうち 28.7% (110

万ヘクタール) がパーム農園に転換されたか、農園開発のために更地にされたが、その多くは非常に樹冠が閉じた森であった。パーム業界が、リアウ州の森林転換ブームの火付け役であり、常にリアウの森林減少を先導してきた。しかし状況は変わってきており、今多くの森林はパーム農園よりもパルプ用植林に転換されている。しかしこれに大差があるだろうか。森林を更地にするときに出る全ての木材は同じパルプ工場群へ運ばれている。木材からの利益は、パーム農園の開発資金を供給している。驚くことではないが、リアウのパルプ工場は両方とも、複合企業シナール・マス社 (Sinar Mas、APP 社の親会社) と、ラジャ・ガルダ・マス社 (Raja Garuda Mas、APRIL 社の親会社) によって経営されている。両社とも大規模なパーム油企業も所有しているのだ。

製紙・パーム業界とも概して国が管理している保護地域には敬意を払っており、その中の森林の多くについて転換することはなかった。国の保護地域にとって最も脅威なのは小規模なパーム農園であり、他のどの土地利用者よりも多く不法侵入しているのだ。地方政府の保護区は、保護の度合いがさらに低く、パルプ用植林のために深刻な自然林の減少に瀕している。

現在リアウでは警察の捜査により森林減少が減速しているが、長続きはしない可能性がある。リアウのパルプ製紙業界は現在リアウの本土の約 25% を「所有」している。そして 1982 年から既に 95 万ヘクタールの森林を転換してきた。モデルが示しているように、「現状維持」では、国が管理している保護区以外のリアウの森はほとんど伐採されてしまうだろう。そうなれば保護区は、パルプ用植林とパーム農園の海に浮かぶ孤島になってしまう。政府の規制は、パルプ用植林にいくらかの自然林を保全するよう求めているが、業界の実績はあまり良いとはいえない。業界がこの先何年間も、彼らの管理区画内にある高い保護価値を有する森林全てを保護するという要求にどのように答えるのかは現時点では不明である。2007 年のリアウ州土地利用計画案を実施したとしても、紙パルプ業界は森林減少を推し進めるだろうし、その森林の大半は非常に樹冠が閉じた泥炭林であろう。モデルでは、同業界は既存の工場が必要とする以上に森林を転換すると見ている。既に加工していない植林木由来の繊維がインドネシアの工場で使われているのではなく、中国の工場に送られている。業界の大規模な拡大計画で森林減少は新たな地域にも広がり、リアウ州だけでなく近隣のジャンビ州、カリマンタン、インドネシアパプアにも及ぶだろうという根強く残るうわさをモデルは裏づけている。林業省はリアウでの警察の活動に反対している。2004 年に林業省はパルプ用植林権の保有者に対して、パルプ用植林の開発を早め、全ての森林の更地化を 2009 年までに終えるよう促した⁸⁹。これは当初、2009 年以降には天然木がパルプや紙の製造に供給されることがなくなるという興味深いニュースだと思われた。しかし NGO は、しだいにこの政令は実際にはリアウおよびその他地域の自然林の皆伐を早めることになるのではないかと懸念をいだくようになった。パルプ用植林権を入手する手順は容易になり、植林の許可は環境および社会的問題に対し正当な配慮を行うことなく発行され始めた。



アカシア植林開発のために開かれた運河。後ろに見える天然泥炭林も皆伐予定。リアウ州
© WWF Indonesia

WWF が恐れるのは、パルプ用植林を 500 万 から 900 万ヘクタールにする目標のために、リアウとインドネシアのその他の地域の自然林が 2009 年から 2014 年の間に更地にされるのではないかと

いうことである。それほど大規模な開発に割り当てることのできるやせた土地・焦土、草原、灌木地、非常に劣化した森林がどこにあるというのだろうか。

インドネシアの森林に関する政策では、商業利用、回復、保全目的に森林資源をバランスよく使用するように努めている。過去 10 年間は、保全と植林の開発にますます力がいれられている。これは、多くが合板や製材といった木材を基盤とする産業に自然林からの資源供給が減少したのと、森林減少の加速に依拠していることである。それゆえ政府は劣化した森林を回復させ、重要な残存する森林を保全する一方で、植林を進め、木材を基盤とする企業に十分な繊維供給を確保すると同時に自然林への伐採圧力を弱める努力を強調している。しかし多くの地域の森林減少は減速していない。なぜなら、紙パルプ業界による木質繊維への需要は依然として大きく、植林ではまかないきれないのである。



リアウの密集した樹冠を持つ泥炭林の中央に開かれた運河。まず排水し、その後アカシア植林開発のために伐採された天然木が運搬される。

© WWF Indonesia

2002 年の政令 No. 34 は、現在自然林である場所の植林を規制するという大変慎重なものだった。同規制では植林は裸地、草地、灌木地のみで行うこととしていた。新しい政令である 2007 年 No. 6 は、政令 No. 34 に代わるものであり、この項を削除し「非生産的」な森林ならどこでも置き換えて植林を行えると明記している。我々の分析では、生産的か非生産的かにかかわらず、また 2002 年の政令 No. 34 が完全に有効であったときも、リアウではほとんどの植林は自然林を転換したものであった。新たな政令では非生産的な森林は植林地に転換してもよいことにより、森林の保全はより大きな困難に直面している。どの森林が生産的で、どの森林が生産的でないと決めるのは誰か。そしてその基準は何であるのだろうか。

しかし新しい規制では、劣化した土地の生態系回復に対しても土地利用ライセンスを発行することを許可している。炭素取引を含む環境サービスに対して報酬を支払う体制が、このような生態系回復のライセンス下で進む可能性がある。新しい規制はまた、環境サービスへの報酬の支払いが、生産林（自然林の択伐および植林の両方）に対しても適用できることを定めている。これによって森林の利用権所有者は、区画内での伐採から得られる木材と、区画内で保全する森林から得られる環境サービスの 2 つの商品を販売できることになった。REDD の精神に基づく、自然林に関する炭素取引への世界的な需要は確立している。なお、植林による炭素は取引には適さない。

より多くの政策を立案し、環境サービスの商業化を進めれば、インドネシアの林産業界にとって明るい未来をもたらす可能性がある。環境サービス市場からの利益が木材市場のそれに匹敵するものであれば、伐採権保有者によって森林が守られる可能性もあるだろう。これは、炭素に富むリアウの泥炭林の場合についてのみ当てはまるかもしれ

ない。これらの森林が守られることによって生ずる炭素蓄積を取引することの潜在的価値は、自然林の従来の利用に匹敵するか、またはずっと有利な可能性がある。

12. 附録

附録 1.—森林被覆地図の情報源（オリジナルの地図では、泥炭土壌上の森林と乾燥土壌上の森林を区別していない。この報告書では、オリジナルの地図にウェットランドインターナショナルが定義した泥炭地を重ね合わせた）。附録 5 も参照。

発行年	著者	データ：
1982	World Conservation Monitoring Centre, UNEP	Landsat MSS images (60m resolution) and REPPROT (1:250,000) .
1988	Indonesian Ministry of Forestry	Landsat MSS images (60m resolution) .
1996	Indonesian Ministry of Forestry	Landsat TM (30 m resolution)
2000 – 2006	WWF Indonesia	Landsat ETM images (30m resolution)
2007	WWF Indonesia	Landsat ETM images (30m resolution) . Forest cover was calculated pooling 13 classes of “Natural Forest” (High Class Codes 1.1, 1.2 and 1.2.3, except Young Mangrove) of the WWF GIS Riau Land Cover Database (附録 4) . Logging roads and other small non-forest areas were mapped in detail and excluded from forest cover.
2015	WWF Indonesia	Predicted by applying Draft Riau Land Use Plan (附録 6) to 2007 land cover.

附録 2.—リアウ州内にある保護区と、保護区設立年あるいはそれに近い時期の森林被覆。入手可能な地図に基づく。

Name	Type of License	License Issued by	License Number	Date of Declaration	Size of Areas on map inside the provincial boundary (Ha)	Forest cover after declaration, based on forest-non forest cover maps		
						Year	ha	%
Sungai Dumai	Recreational Park	Governor of Riau	85/1/1985	5/25/1985	3531.6	1988	2348.0	66.5%
Bukit Batu	Wildlife Sanctuary	Forestry Dept.	173/Kpts-II/1986	6/6/1986	23412.8	1988	21555.6	92.1%
Giam Siak Kecil	Wildlife Sanctuary	Governor of Riau	342/XI/1983	11/3/1983	85076.0	1988	70796.9	83.2%
Balai Raja Duri	Wildlife Sanctuary	Agriculture Dept.	173/Kpts-II/1988	6/6/1988	16722.6	1988	12407.0	74.2%
Sebanga	Elephant Training	Governor of Riau	387/VI/1992	6/29/1992	5842.2	1996	364.8	6.2%
Danau Pulau Besar/Bawah	Wildlife Sanctuary	Agriculture Dept.	848/Kpts/Um/8/1980	11/25/1980	25852.7	1982	24578.8	95.1%
Sultan Syarif Kasyim Minas	Grand Park Forest	Forestry Dept.	349/Kpts-II/1996	6/5/1996	6146.1	1996	2509.1	40.8%
Tasik Belat	Wildlife Sanctuary	Forestry Dept.	173/Kpts-II/1986	6/6/1986	2229.7	1988	2059.7	92.4%
Tasik Besar /Tasik Metas	Wildlife Sanctuary	Forestry Dept.	173/Kpts-II/1986	6/6/1986	2587.4	1988	2100.4	81.2%
Tasik Serkap	Wildlife Sanctuary	Forestry Dept.	173/Kpts-II/1986	6/6/1986	6084.9	1988	5667.7	93.1%
Bukit Bungkok	Game Reserve	Forestry Dept.	173/Kpts-II/1986	6/6/1986	12865.0	1988	11533.8	89.7%
Kerumutan	Wildlife Sanctuary	Agriculture Dept.	350/Kpts/Um/6/1979	6/6/1979	96111.4	1982	96111.4	100.0%
Bukit Rimbang Baling**	Wildlife Sanctuary	Governor of Riau	149/V/1982	6/21/1980	133288.1	1982	133138.9	99.9%
Bukit Tigapuluh**	National Park	Forestry Dept.	539/Kpts-II/1995	10/5/1995	100585.5	1996	91143.7	90.6%
Tesso Nilo	National Park	Forestry Dept.	255/Menhut-II/2004	7/19/2004	38231.0	2004	28007.6	73.3%
				Total area	558567.0		504323.5	90.3%

附録 3.—土地被覆分析と土地利用区分の特定に利用した情報源

Type of Data	Source	Notes
River	Bakorsutanal Topography map	Scale 1 : 50.000
Road Network	Bakorsutanal Topography map	Scale 1 : 50.000
	WWF Surveys 2000 - 2005	GPS track
Settlement	Bakorsutanal Topography map	Scale 1 : 50.000
	WWF Field Surveys 2000 - 2005	GPS record of Center of village
Conservation Area	Riau Forestry Service, MoF, Riau BKSD (Riau Conservation Agency)	2004 data
Industrial Forest Plantation Concession (HTI)	Riau Forestry Service	2004 data 2005 data
Oil Palm Concession	Riau Plantation Service	2004 data
Mining Concession (oil)	Caltex Prima Indonesia	2000 data
Riau Land-use Plan 1994–2005	Riau Provincial Government (Bappeda)	Scale 1 : 250.000, 1994 data
Range of Peatland	Wetland International & CIDA	Scale 1 : 250.000, 2002 data
Concession map	APRIL	2006 data
Concession map	APP	2005 data

附録 4. 一土地被覆の分類とランドサット ETM-7 を利用した場合の土地被覆種類の特定の困難さ
 (***** 容易 / **** 比較的容易 / *** 普通 / ** 比較的困難 / * 困難)

No	Land Cover Name	Level of Difficulty to Identify	Group Name for Deforestation & Degradation Driver Analysis	Biomass Value from Literature for Emission / Sequestration Calculations
I.	SPONTANEOUS VEGETATION TYPES			
1	Natural Forest			
	Dry Land			
1	高い林冠密度の乾燥低地林	*****	Same as the Land Cover Name	367
2	中程度の林冠密度の乾燥低地林	*****	Same as the Land Cover Name	264
3	低い林冠密度の乾燥低地林	****	Same as the Land Cover Name	73
4	変成岩上の乾燥低地林	***	Same as the Land Cover Name	Not present in Riau
	Swampy Area			
5	高い林冠密度の泥炭湿地林	*****	Same as the Land Cover Name	281
6	中程度の林冠密度の泥炭湿地林	****	Same as the Land Cover Name	234
7	低い林冠密度の泥炭湿地林	****	Same as the Land Cover Name	62
8	高い林冠密度の湿地林	****	Same as the Land Cover Name	220
9	中程度の林冠密度の湿地林	***	Same as the Land Cover Name	173
10	低い林冠密度の湿地林	***	Same as the Land Cover Name	44
11	高い林冠密度のマングローブ林	***	Same as the Land Cover Name	187
12	中程度の林冠密度のマングローブ林	***	Same as the Land Cover Name	140
13	低い林冠密度のマングローブ林	***	Same as the Land Cover Name	37
14	若いマングローブ林	**	Same as the Land Cover Name	37
2	Secondary Re-growth (Dry & Wetland)			
15	二次林 (Belukar)	****	"Waste" land	37
16	灌木地 (Semak/Belukar Muda)	*		37
17	二次湿地林	***		37
18	湿地上の灌木地	***		37
19	湿地草原/ シダ群落	**		37
20	皆伐後の灌木地	**		37
21	草地	**		37

II.	CULTIVATED TYPES AND PLANTATIONS			
22	アカシア植林 (若齢)	*	Acacia plantation	104
23	アカシア植林	*****		104
24	モルッカネム農園	**	Other land cover	0
25	都市の公園 (Hutan Kota)	**		0
26	若いパーム農園	*	Oil palm plantation	109
27	パーム農園	*****		109
28	小規模パーム農園	**	Small holder oil palm plantation	109
29	小規模の若いパーム農園	*		109
30	点在する小規模パーム農園、ゴム農園	*		109
31	ゴム農園	****	Other land cover	0
32	小規模ゴム農園	**		0
33	ココナッツ農園	****		0
34	混作地	****		0
35	混作庭園	****		0
36	稲田	****		0
III.	NON VEGETATION TYPES			
37	アカシア植林用皆伐地	*	Acacia plantation	0
38	パーム農園用皆伐地	**	Oil palm plantation	0
39	皆伐地	****	Cleared	0
40	砂採掘地	**	Other land cover	0
41	燃焼	***		0
42	土砂堆積地	****		0
43	水域	*****		0
44	市街地	*****		0
45	居住地	***		0
46	工場	***		0
47	空港	****		0
48	養魚地	***		0
49	石油工場	***		0
50	不明または情報無し	*****	0	

本調査では、異なる複数の科学的文献を利用してバイオマスの特定を行なった。“他の土地被覆”には、“土砂堆積地”や“水域”といった非植生タイプの土地だけでなく、混作地やゴム農園といった植生タイプの土地も含まれる。本調査の主要な目的は、パームオイル産業と紙パルプ産業が森林減少と炭素収支に与える影響を分析することにあつたため、その他の種類の土地被覆による炭素隔離について評価を行なっていない。植林・プランテーションについては、成長段階に差異があることを反映させるため、低い値が想定されている。全ての植林・農園は、更地の状態から、成長した状態になる。オイルパームには0.8 (1本のヤシのライフサイクルは約25年)、5~12サイクルの早生樹であるアカシア植林には0.6を係数としている。附録7と附録8にバイオマスの特定とそれに関連する文献が示されている。

附録 5.— TNBTK 保全景観の土地被覆分析に利用した衛星画像

Forest Cover Analysis	Land Cover Analysis	Satellite	Path/Row	Date of Acquisition
2007	2007	Landsat ETM	125/060	August 03, 2006
2007	2007	Landsat ETM	125/060	April 16, 2007
2007	2007	Landsat ETM	126/059	August 26, 2006
2007	2007	Landsat ETM	126/059	April 07, 2007
2007	2007	Landsat ETM	126/060	April 23, 2007
2007	2007	Landsat ETM	127/059	August 01, 2006
2007	2007	Landsat ETM	127/059	July 03, 2007
2007	2007	Landsat ETM	127/060	July 03, 2007
2007	2007	Landsat ETM	128/058	May 23, 2007
2005	2005	Landsat ETM-7	125/060	March 09, 2005
2005	2005	Landsat ETM-7	125/061	March 09, 2005
2005	2005	Landsat ETM-7	126/059	August 07, 2005
2005	2005	Landsat ETM-7	126/060	August 07, 2005
2005	2005	Landsat ETM-7	126/061	July 07, 2005
2005	2005	Landsat ETM-7	126/061	October 10, 2005
2005	2005	Landsat ETM-7	127/059	April 08, 2005
2005	2005	Landsat ETM-7	127/060	April 08, 2005
2005	2005	Landsat ETM-7	128/58	Jun 18, 2005
2005	2005	Landsat ETM-7	128/59	Aug 5, 2005
2004	2004	Landsat ETM-7	125/060	March 04, 2003
2004	2004	Landsat ETM-7	125/061	May 25, 2004
2004	2004	Landsat ETM-7	126/059	July 19, 2004
2004	2004	Landsat ETM-7	126/060	June 01, 2004
2004	2004	Landsat ETM-7	126/060	July 19, 2004
2004	2004	Landsat ETM-7	126/061	October 07, 2004
2004	2004	Landsat ETM-7	127/059	March 20, 2004
2004	2004	Landsat ETM-7	127/059	March 04, 2004
2004	2004	Landsat ETM-7	127/060	March 04, 2004
2004	2004	IRS-P6	127/060	June 23, 2004
2004	2004	Landsat ETM-7	128/58	May 14, 2004
2000	2000	Landsat ETM-7	125/060	September 1, 1999
2000	2000	Landsat ETM-7	125/060	April 15, 2001
2000	2000	Landsat ETM-7	125/061	December 3, 1998
2000	2000	Landsat ETM-7	125/061	September 1, 1999
2000	2000	Landsat ETM-7	126/059	May 21, 2000
2002	2000	Landsat ETM-7	126/059	December 18, 2001
2002	2000	Landsat ETM-7	126/059	July 14, 2002
2000	2000	Landsat ETM-7	126/060	May 21, 2000
2000	2000	Landsat ETM-7	126/060	March 05, 2001
2002	2000	Landsat ETM-7	126/060	Aug 15, 2002
2002		Landsat ETM-7	126/060	Apr 25, 2002
2000	2000	Landsat ETM-7	126/061	May 5, 2000
2000	2000	Landsat ETM-7	126/061	July 8, 2000
2002	2000	Landsat ETM-7	126/061	July 11, 2001

Forest Cover Analysis	Land Cover Analysis	Satellite	Path/Row	Date of Acquisition
2002	2000	Landsat ETM-7	126/061	August 15, 2002
2000	2000	Landsat ETM-7	127/059	April 26, 2000
2000	2000	Landsat ETM-7	127/059	May 31, 2001
2002		Landsat ETM-7	127/059	Jul 5, 2002
2000	2000	Landsat ETM-7	127/060	April 26, 2000
2000	2000	Landsat ETM-7	127/060	September 01, 2000
2000	2000	Landsat ETM-7	127/060	December 06, 2000
2002	2000	Landsat ETM-7	127/060	May 18, 2002
	2000	Landsat ETM- 7 (master sid)	Middle Sumatra	2000 data compiled
	1995	Landsat TM-5	125/060	May 11, 1996
	1995	Landsat TM-5	125/061	June 17, 1995
	1995	Landsat TM-5	126/059	June 19, 1995
	1995	Landsat TM-5	126/060	September 15, 1993
	1995	Landsat TM-5	126/060	1996
	1995	Landsat TM-5	126/061	April 11, 1996
	1995	Landsat TM-5	126/061	September 23, 1996
	1995	Landsat TM-5	127/060	May 09, 1995
	1990	Landsat TM-5	125/060	September 13, 1989
	1990	Landsat TM-5	125/061	June 09, 1989
	1990	Landsat TM-5	126/059	February 14, 1991
	1990	Landsat TM-5	126/060	June 03, 1990
	1990	Landsat TM-5	127/060	June 15, 1992
	1990	Landsat TM- 5 (master sid)	Middle Sumatra	1990 data compiled

附録 6. —2007 年 5 月のリアウ州土地利用計画案で *Transferra* によって利用された土地利用区分と本調査での分類

インドネシア語 (原文)	英訳
“Infrastructure”	
Areal Pengembangan Perkotaan Utama (PKN,PKW,PKL) dan Pengembangan Perkotaan Baru	Existing (PKN,PKW,PKL) and New Urban Development Area
Pemukiman Perkotaan dan Perdesaan/Perkampungan Eksisting	Urban and Legal Rural Settlement
Kawasan Industri/Industry Estate (Luas Kawasan Definitif 20 – 400 ha)	Industrial Estate (Infrastructure of 20-400 ha)
“Oil Mining”	
Areal Pertambangan Minyak Bumi	Oil Mining
“Peat Mining”	
Areal Penambangan Gambut (di Kec. Perawang -Kab. Siak)	Peat Mining
“Natural Vegetation”	
Buffer Kawasan Lindung	Protected Area Buffer Zone
Hutan Adat	Customary-Law Community Forest
Jalur Hijau Penahanan Intrusi Air Laut (500 m Kiri-kanan Muara Sungai dan Sungai)	Green Belt to Block Sea Water Intrusion (500 m left and right of River Estuary and River)
Kawasan Cagar Alam (Buffer 500 – 1000 Meter)	Natural Reserve (Buffer 500 – 1000 Meter)
Kawasan Hutan Lindung (Kebijakan Khusus Pemerintah Daerah)	Protected Forest Area (managed under Provincial or District Government policy)
Kawasan Hutan Lindung (Kemiringan Lereng >40%)	Protected Forest Area (Slope >40%)
Kawasan Hutan Lindung (Kemiringan Lereng 20%-40%)	Protected Forest Area (Slope 20%-40%)
Kawasan Hutan Lindung Gambut	Protected Peat Swamp Forest
Kawasan Hutan Resapan Air	Water Catchment Forest
Kawasan Hutan Wisata	Ecotourism Forest
Kawasan Pantai Berhutan Bakau	Mangrove Forest
Kawasan Penelitian dan Pengembangan Gambut	Area for Research on Development of Peatland
Kawasan Pusat Latihan Gajah	Elephant Training Center
Kawasan Sempadan Pantai (Minimal 100 Meter dari Titik Pasang Tertinggi ke Arah Darat)	Coast Line Area (Minimum of 100 meter away from the Highest Tide to the Land)
Kawasan Suaka Margasatwa (Buffer 500 – 1000 Meter)	Wildlife Reserve (Buffer 500 – 1000 meter)

Kawasan Taman Hutan Raya	City Park Area
Kawasan Taman Nasional (Buffer 500 – 1000 Meter)	National Park (Buffer 500 – 1000 Meter)
Kawasan Wisata	Ecotourism Area
Sempadan Sungai (Hanya Diplot Untuk Sungai-sungai Besar, 100m Kiri-Kanan Sungai)	River Bank Area (only along large rivers, 100 m Left-Right of River)
“Any Plantation”	
Kawasan Hutan Produksi Konversi (Pengembangan Perkebunan/Tanaman Tahunan)	Convertible Production Forest Area (Development of Plantation/multi year)
“Rubber or Acacia Plantation”	
Kawasan Agroforestry	Agroforestry Area
Kawasan Hutan Kemasyarakatan (di Atas Tanah Negara)	Community Forest Area (on national forest land)
“Acacia Plantation”	
Kawasan Hutan Produksi Diarahkan Sebagai HPHTI	Production Forest for HPHTI (HPH to be converted to industrial timber plantation)
Kawasan Hutan Produksi Tanaman Industri	Production Forest for Industrial Timber Plantation
“Oil Palm Plantation”	
Kawasan Perkebunan Besar Negara/Swasta (Termasuk di Dalamnya Koperasi)	Large State-Owned or Private Plantation Estate (including Cooperatives)
Kawasan Perkebunan Rakyat	Community Plantation /Smallholder
Kawasan Perkebunan Rakyat (Eksisting)	Community Plantation /Smallholder (Existing)
“Timber Plantation”	
Kawasan Hutan Rakyat (di Atas Tanah Rakyat)	Community Forest Area (on Community Land)
“Agriculture”	
Kawasan Hutan Produksi Konversi (Pengembangan Pertanian Lahan Basah)	Convertible Production Forest Area (Development of Wet Land Agriculture)
Kawasan Hutan Produksi Konversi (Pengembangan Pertanian Lahan Kering)	Convertible Production Forest Area (Development of Dry Land Agriculture)
Kawasan Pertanian Lahan Basah	Wet Land Agriculture
Kawasan Pertanian Lahan Basah (Eksisting)	Wet Land Agriculture (Existing)
Kawasan Pertanian Lahan Kering	Dry Land Agriculture
Kawasan Pertanian Lahan Kering (Eksisting)	Dry Land Agriculture (Existing)

Box-Plots Biomass Specifications for Land Cover Classes in Riau

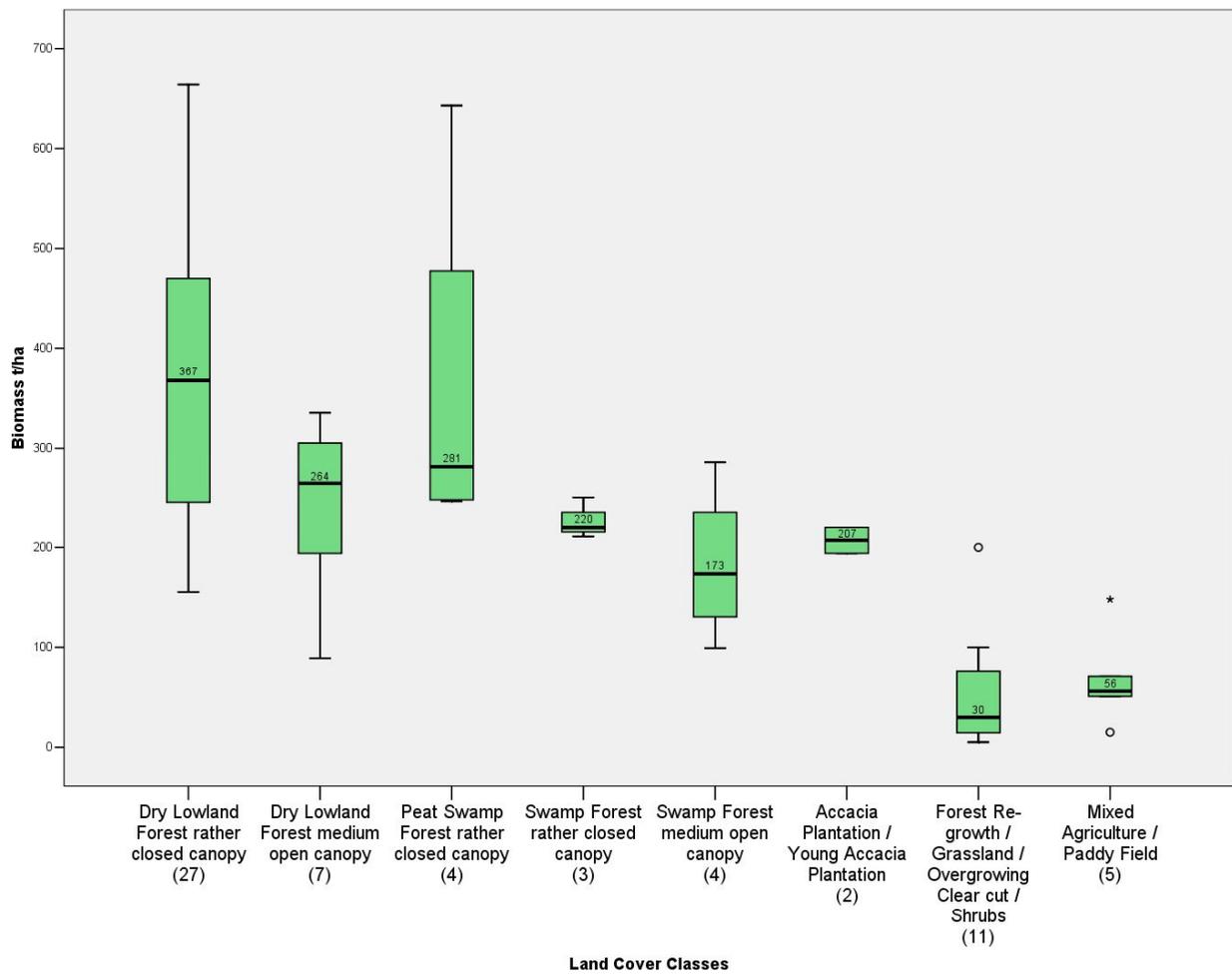


図 1.--土地利用分類毎のバイオマス特定を示す箱ひげ図

ID	Type	Author	Measurement method	Country/region	land use	Measurement year	Drainage depth (cm)	peat thickness (cm)	Years after reclamation or burning	CO2 emission from soil surface (including autotrophic root respiration) (tonnes CO2/ha/year)
mean										
<Natural forest (including drained forest)>										
1	NF	Chimner 2004	GFM	Kosrae island, Micronesia	Pristine forested wetland	2001-2002	6	#NV	no	8
2	NF	Chimner & Ewel 2004	GFM	Kosrae island, Micronesia	Secondary forest	2001-2002	-1	#NV	no	8
3	NF	Furukawa et al. 2005	GFM	Jambi, Indonesia	Drained forest	2000-2002	18	#NV	20	86
4	NF	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Peat swamp forest	2003-2004	32	200-300	no	36
5	NF	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Peat swamp forest	2004-2005	14	200-300	no	35
6	NF	Hadi et al. 2005	GFM	South Kalimantan, Indonesia	Secondary forest	2000-2001	38	>200	<10?	127
7	NF	Jauhainen et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Peat swamp forest	1999-2001	17	200-300	no	35
8	NF	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Peat swamp forest	2003-2004	33	200-300	no	37
9	NF	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Peat swamp forest	2004-2005	14	200-300	no	36
10	NF	Jauhainen et al. 2004	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Selectively logged forest (near tree)	2001-2002	21	350-485	no	76
11	NF	Darung et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Slightly drained forest	2002-2003	55	350-485	no	51
12	NF	Darung et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Slightly drained forest	2003-2004	32	350-485	no	62
13	NF	Melling et al. 2005	GFM	Sarawak, Malaysia	Mixed peat swamp forest	2002-2003	45	480	no	77
14	NF	Inubushi et al. 2003, 2005	GFM	South Kalimantan, Indonesia	Secondary forest	1999-2001	18	100-200	no	44
<Cleared or Burnt forest (no tree)>										
15	CB	Darung et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Burnt forest	2002-2003	56	325-520	<1	22
16	CB	Darung et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Burnt forest	2003-2004	28	325-520	1	24
17	CB	Jauhainen et al. 2004	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cleared burned area (high surface)	2001-2002	19	325-520	4-5	23
18	CB	Jauhainen et al. 2004	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cleared burned area (depression)	2001-2002	-1	325-520	4-5	28
19	CB	Jauhainen et al. 2004	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Clear felled but recovering forest	2001-2002	21	325-520	4-5	34
20	CB	Darung et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Burnt forest	2002-2003	27	325-520	<1	48
21	CB	Darung et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Burnt forest	2003-2004	-1	325-520	1	26
<Agricultural field and plantation>										
22	AG	Chimner & Ewel 2004	GFM	Kosrae island, Micronesia	Taro patch (cultivated)	2001-2002	1	#NV	>50?	5
23	AG	Furukawa et al. 2005	GFM	Jambi, Indonesia	Cassava field	2000-2002	24	#NV	<1	64
24	AG	Furukawa et al. 2005	GFM	Jambi, Indonesia	Upland paddy field	2000-2002	13	#NV	5	73
25	AG	Furukawa et al. 2005	GFM	Jambi, Indonesia	Lowland paddy field	2000-2002	-5	#NV	5	10
26	AG	Darung et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2002-2003	74	250	>20	84
27	AG	Darung et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2003-2004	53	250	>20	92
28	AG	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2004-2005	50	250	>20	124
29	AG	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2005-2006	63	250	>20	106
30	AG	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2006-2007	90	250	>20	150
31	AG	Darung et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Glassland	2002-2003	70	270-280	>20	68
32	AG	Darung et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Glassland	2003-2004	65	270-280	>20	77
33	AG	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Glassland	2004-2005	95	270-280	>20	98
34	AG	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Glassland	2005-2006	84	270-280	>20	128
35	AG	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Glassland	2006-2007	104	270-280	>20	118
36	AG	Darung et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2002-2003	75	280	>20	78
37	AG	Darung et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2003-2004	73	280	>20	100
38	AG	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2004-2005	74	280	>20	106
39	AG	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2005-2006	83	280	>20	165
40	AG	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2006-2007	92	280	>20	107
41	AG	Darung et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2002-2003	64	240	>20	80
42	AG	Darung et al. 2005	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2003-2004	45	240	>20	109
43	AG	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2004-2005	55	240	>20	114
44	AG	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2005-2006	67	240	>20	135
45	AG	R. Hatano, unpublished data	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	Cropland	2006-2007	85	240	>20	131
46	AG	Jauhainen et al. 2004	GFM	Central Kalimantan, Indonesia	farm field	2001-2002	29	200-300	>10	19
47	AG	Inubushi et al. 2003, 2005	GFM	South Kalimantan, Indonesia	Abandoned upland crops field	1999-2001	0	70-100	>20?	36
48	AG	Inubushi et al. 2003, 2005	GFM	South Kalimantan, Indonesia	Abandoned paddy fields	1999-2001	20	10-40	>20?	56
49	AG	Hadi et al. 2005	GFM	South Kalimantan, Indonesia	Paddy field	2000-2001	0	100-200	<10?	51
50	AG	Hadi et al. 2005	GFM	South Kalimantan, Indonesia	Rice-soybean rotation field	2000-2001	18	20-40	<10?	74
51	PL	Melling et al. 2005	GFM	Sarawak, Malaysia	Sago plantation	2002-2003	27	650	5	40
52	PL	Melling et al. 2005	GFM	Sarawak, Malaysia	Oil palm plantation	2002-2003	60	555	5	55

図 2.-- 泥炭分解の特定に使用した文献

WWF land cover classes	Class description	Region	Literature Source	Biomass Specifications [t/ha]	Biomass used for Calculations [t/ha]
Dry Lowland Forest rather closed canopy	mixed dipterocarps-dense stocking, flat to undulating	Sarawak	Brown (1997)	355,0	367
	mixed dipterocarps-medium stocking, flat to mountainous	Sarawak	Brown (1997)	305,0	
	old-growth dipterocarp	Philippines	Brown (1997)	445,0	
	closed-broadleaf tropical forest	Indonesia	Lasco (2002)	508,0	
	natural forest	Indonesia	Hairiah et al. (2001)	508,0	
	medium humus podzol	Sarawak	Bruenig (1977)	452,0	
	shallow humus podzol	Sarawak	Bruenig (1977)	350,0	
	evergreen needleleaf forest	Asia	Michel et al. (2005)	367,0	
	evergreen broadleaf forest	Asia	Michel et al. (2005)	233,5	
	deciduous needleleaf forest	Asia	Michel et al. (2005)	189,0	
	deciduous broadleaf forest	Asia	Michel et al. (2005)	200,0	
	mixed forest	Asia	Michel et al. (2005)	222,5	
	tropical forest	Malaysia	Brown and Gaston (1996)	230,0	
	primary forest	Central Kalimantan, Barito Ulu	Brearily et al. (2004)	358,0	
	primary forest	East Kalimantan	Prakoso (2006)	155,5	
	lowland forest	Indonesia	Garzuglia et al (2003)	240,0	
	lowland evergreen rainforest	Malaysia, Pasoh	MacKinnon et al. (1996)	664,0	
	lowland evergreen rainforest	Malaysia, Pasoh	MacKinnon et al. (1996)	475,0	
	lowland evergreen rainforest broad leaved forest	Sarawak, Mula	MacKinnon et al. (1996)	650,0	
	lowland evergreen rainforest valley alluvium forest	Sarawak, Mula	MacKinnon et al. (1996)	250,0	
	lowland evergreen rainforest over limestone	Sarawak, Mula	MacKinnon et al. (1996)	380,0	
	lowland evergreen rainforest heath forest	Sarawak, Mula	MacKinnon et al. (1996)	470,0	
	kerangas	Borneo	MacKinnon et al. (1996)	470,0	
	mixed dipterocarp	Borneo	MacKinnon et al. (1996)	650,0	
	limestone	Borneo	MacKinnon et al. (1996)	380,0	
	Asia tropical forest undisturbed	Asia	Brown et al. (1993)	438,0	
	tropical rain forest Asia insular	Asia	IPCC (2006)	350,0	
Dry Lowland Forest medium open canopy	forest fallow	Malaysia, Peninsular	Brown (1997)	140,0	264
	logged dipterocarp	Philippines	Brown (1997)	335,0	
	commercial logging	Indonesia	Hairiah et al. (2001)	300,0	
	logged forest	Sumatra, Pasir Mayang	Prasetyo et al. (2000)	310,4	
	old secondary forest	Central Kalimantan, Barito Ulu	Brearily et al. (2004)	264,0	
	secondary forest	East Kalimantan	Prakoso (2006)	89,0	
Asia tropical forest disturbed	Asia	Brown et al. (1993)	248,0		
Dry Lowland Forest very open canopy	burnt primary forest	East Kalimantan	Prakoso (2006)	73,0	73
Peat Swamp Forest rather closed canopy	mixed swamp forest	central Kalimantan	Waldes and Page (2001)	312	281
	low pole forest	central Kalimantan	Waldes and Page (2001)	249	
	tall interior forest	central Kalimantan	Waldes and Page (2001)	643	
	shallow peat bog	Sarawak	Bruenig (1977)	246	
Peat Swamp Forest medium open canopy	-	-	-	-	234
Peat Swamp Forest very open canopy	-	-	-	-	62
Swamp Forest rather closed canopy	freshwater swamp	Malaysia, Peninsular	Brown (1997)	220,0	220
	swamp forest	Indonesia	Garzuglia et al (2003)	211,0	
	alluvial	Borneo	MacKinnon et al. (1996)	250,0	
Swamp Forest medium open canopy	disturbed freshwater swamp	Malaysia, Peninsular	Brown (1997)	285,0	173
	logged freshwater swamp	Malaysia, Peninsular	Brown (1997)	185,0	
	logged freshwater swamp forest	Malaysia	Brown et al. (1989)	161,7	
	disturbed freshwater swamp forest	Malaysia	Brown et al. (1989)	99,2	
Swamp Forest very open canopy	-	-	-	-	44
Mangrove Forest rather closed canopy	mangrove forest	Indonesia	Garzuglia et al (2003)	187	187
Mangrove Forest medium open canopy	-	-	-	-	140
Mangrove Forest very open canopy / Young Mangrove	-	-	-	-	37
Accacia Plantation / Young Accacia Plantation	broadleaf plantation	Asia	IPCC (2006)	220	207
	Acacia decurrens Willd (12 years)	Indonesia	Suharlan et al. (1993)	194	104
Coconut Plantation	coconut plantation	Malaysia	Henson (2005)	80	80
Rubber Plantation	broadleaf plantation	Asia	IPCC (2006)	220	220
Small Holder Rubber	-	-	-	-	-
Paraserianthes	Paraserianthes falcata (12 years)	Indonesia	Suharlan et al. (1993)	242	242
Oil Palm Plantation / Young Oil Palm Plantation	oil palm plantation	South East Asia	IPCC (2006)	136	109
Small Holder Oil Palm / Small Holder Young Oil Palm Plantation	-	-	-	-	-
Forest Re-growth (Belukar) / Forest Re-growth on Swampy / Grassland / Hutan Kota / Mixed Garden / Overgrowing Clear cut-Shrubs / Shrubs (Semak/Belukar Muda) / Shrubs on Swampy	Imperata cylindrica	Indonesia	de Groot et al. (2005)	5	30
	Grassland	Sumatra, Pasir Mayang	Prasetyo et al. (2000)	12	
	Grassland	tropics	Prasetyo et al. (2000)	30	
	Grassland	Asia	Michel et al. (2005)	13	
	Woodland	Asia	Michel et al. (2005)	100	
	Wooded grassland	Asia	Michel et al. (2005)	33	
	Closed shrubland	Asia	Michel et al. (2005)	72	
	Open shrubland	Asia	Michel et al. (2005)	16	
	Savannah	tropics	Murdiyasso and Wasrin (1995)	80	
	Savannah	tropics	Murdiyasso and Wasrin (1995)	200	
Bush/shrub	Sumatra, Pasir Mayang	Prasetyo et al. (2000)	30		
Swamp Grasses / Fernland	-	-	-	-	44
Mixed Agriculture / Paddy Field	Cropland	Asia	Michel et al. (2005)	51,0	56
	Cultivated lands and secondary vegetation in,	Sumatra, Pasir Mayang	Prasetyo et al. (2000)	71,0	
	Upland rice/bush fallow rotation	Indonesia	Hairiah et al. (2001)	148,0	
	Cash crops plantation	Sumatra, Pasir Mayang	Prasetyo et al. (2000)	56,0	
	Paddy field	Sumatra, Pasir Mayang	Prasetyo et al. (2000)	15,0	
Water Body	-	-	-	-	-
Cleared / Cleared post Accacia harvested / Cleared, for Oil Palm Plantation / Airport / Sand Mining / Sediment / Settlement / Town / Factory	-	-	-	-	-

図 3.— リアウ州の土地利用区分の特定のための文献。植林・プランテーションについては、成長段階に差異があることを反映させるため、低い値が想定されている。

附録 8.—バイオマス評価のための文献

- Brearly, F.Q., Prajadinata, S., Kidd, P.S., Proctor, J. and Suriantata, 2004, Structure and floristics of an old secondary rain forest in Central Kalimantan, Indonesia, and a comparison with adjacent primary forest. *Forest Ecology and Management*, 195, pp. 385-397.
- Brown, S.; 2002, Measuring, monitoring, and verification of carbon benefits for forest-based projects. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* (2002) 360, pp. 1669-1683.
- Brown, S., 1997, Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. *FAO Forestry Paper – 134*, Food and Agriculture Organisation (FAO), Rome, Italy.
- Brown, S. and Gaston, G., 1996, Estimates of biomass density for tropical forests. IN Levine, *Biomass Burning and Global Change*, pp. 133-139.
- Brown, S., Gillespie, A.J.R. and Lugo, A.E., 1989, Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, Vol. 35, No. 4, pp. 881-902.
- Brown, S., Iverson, L.R., Prasad, A. and Liu, D., 1993, Geographical distribution of carbon in biomass and soils of tropical Asian forests. *Geocarto International*, 4, pp. 45-59.
- Bruenig, E.F., 1977, The tropical rain forest – a wasted asset or an essential biosphere resource?. *Ambio*, Vol. 6, No. 4, pp. 187 – 191.
- De Groot, W.J., Wardati and Wang, Y., 2005, Calibrating the fine moisture code for grass ignition potential in Sumatra, Indonesia. *International Journal of Wildland Fire*, 14, pp. 161-168.
- Garzuglia, M. and Saket, M., 2003, Wood Volume and woody biomass: Review of FRA 2000 estimates. Working Paper 68, Food and Agriculture Organisation (FAO), Rome Italy.
- Hairiah, K., Sitmopol, S.M., van Noordwijk, M. and Palm, C., 2001, Carbon stocks of tropical land use systems as part of the global C balance: effects of forest conversion and options for 'clean development' activities. *Alternatives to Slash and Burn (ASB) Lecture Note 4A*, International Centre for Research in Agroforestry, Southeast Asian Regional Research Programme, Bogor, Indonesia.
- Henson, I.E., 2005, An assessment of changes in biomass carbon stocks in tree crops and forests in Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science*, 17 (2), pp. 279-296.
- Hamburg, S.P., 2000, Simple rules for measuring changes in ecosystem carbon in forestry-offset projects. *Miti. Adapt. Strat. Global Change*, 5 (1), pp. 25–37.
- IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- Lasco, R.D., 2002, Forest carbon budgets in Southeast Asia following harvesting and land cover change. *Science in China (Series C)*, Vol. 45, pp. 55-64.
- MacKinnon, K., Hatta, G., Halim, H. and Mangalik, A., 1996, The ecology of Indonesia series Volume III: The ecology of Kalimantan. Dalhousie University, Periplus Editions Ltd., Singapore.
- Michel, C., Liousse, C., Gregoire, J.M., Tansey, K., Carmichael and Woo, J.H., 2005, Biomass burning emission inventory from burnt area data given by the SPOT-VEGETATION system in the frame of TRACE-P and ACE-Asia campaigns. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 110, pp. 1-15.
- Murdiyarso, D. and Warsin, U.R., 1995, Estimating land use change and carbon release from tropical forests conversion using remote sensing technique. *Journal of Biogeography*, Vol. 22, pp. 2519-2525.
- Prakoso, K.U., 2006, Tropical forest mapping using polarimetric and interferometric SAR data, A case study in Indonesia. Doctoral Thesis, Wageningen University, Wageningen, Netherlands.
- Prasetyo, L.B., Saito, G. and Tsuruta, H., 2000, Development for data base for eco-system changes and emissions changes of GHG using remote sensing and Gis in Sumatra Island, Indonesia. <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2000/ts11/glc002pf.htm> (last visited: 20.11.2007).
- Suharlan, A., Sumarna, K. and Sudiono, J., 1993, Tabel Tegakan Sepuluh Jenis Kayu Industri

(Yield table of ten industrial wood species) 1975. Informasi Teknis, No. 39/1993, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan (Forest Research and Development Centre) , Bogor, Indonesia.

Waldes, N.J.L. and Page, S.E., 2001, Forest structure and tree diversity of a peat swamp forest in Central Kalimantan, Indonesia. Jakarta symposium proceeding on peatlands for people natural resources function and sustainable management, Rieley, J. and Page, S. (Eds) , pp. 16-22.

13. 参考文献

- ¹ Andrew N. Gillison (2001) Vegetation Survey and Habitat Assessment of the Tesso Nilo Forest Complex. Pekanbaru, Riau Province, Sumatra, Indonesia (27 October – 10 November 2001) . WWF Technical Report, WWF, Washington, DC, USA.
- ² Prawiradilaga, D. M et al. (2003) Survey Report on Biodiversity of Tesso Nilo. May – August 2003. Indonesian Research Centre for Biology-LIPI & WWF Indonesia
- ³ http://www.panda.org/about_wwf/where_we_work/ecoregions/sumatran_lowland_forests.cfm
- ⁴ http://www.panda.org/about_wwf/where_we_work/ecoregions/sundaland_rivers_swamps.cfm
- ⁵ WWF (2003) Elephant Forests on Sale. WWF Technical Report, Frankfurt, Germany.
- ⁶ Wetlands International (November 2006) Peatland degradation fuels climate change.
- ⁷ Baumert, K.A., Herzog, T., Pershing, J. (2006) Navigating the Numbers – Greenhouse Gas Data and International Climate Policy; World Resource Institute, Washington USA.
- ⁸ Santilli *et al.* (2005) An Editorial Essay: Tropical Deforestation and the Kyoto Protocol. *Climatic Change* (2005) 71: 267–276.
- ⁹ PEACE (2007) Indonesia and Climate Change: Current Status and Policies.
- ¹⁰ Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 5.0. (Washington, DC: World Resources Institute, 2007) .
- ¹¹ Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H. and Page, S. (2006) PEAT-CO₂, assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943.
- ¹² Rieley, J.O., Ahmad-Shah, A-A. and M.A. Brady (1996) The extent and nature of tropical peat swamps. Maltby, E., Immirzi, C.P., Safford, R.J. (Eds) . *Tropical Lowland Peatlands of Southeast Asia, Proceedings of a Workshop on Integrated Planning and Management of Tropical Lowland Peatlands held at Cisarua, Indonesia, 3-8 July 1992.* IUCN, Gland, Switzerland. 294pp.
- ¹³ Maltby, E., Immirzi, C.P (1993) Carbon dynamics in peatlands and other wetland soils. Regional and global perspectives. *Chemosphere*, 27: 999-1023.
- ¹⁴ Wahyunto, S. Ritung and H. Subagjo (2004) Peta Sebaran Lahan Gambut, Luas dan Kandungan Karbon di Kalimantan / Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Kalimantan, 2000 – 2002. Wetlands International - Indonesia Programme & Wildlife Habitat Canada (WHC) . Wahyunto, S. Ritung and H. Subagjo (2003) Peta Luas Sebaran Lahan Gambut dan Kandungan Karbon di Pulau Sumatera / Maps of Area of Peatland Distribution and Carbon Content in Sumatera, 1990 – 2002. Wetlands International - Indonesia Programme & Wildlife Habitat Canada (WHC) . Wahyunto, Bambang Heryanto, Hasyim Bektu and Fitri Widiastuti (2006) Peta-Peta Sebaran Lahan Gambut, Luas dan Kandungan Karbon di Papua / Maps of Peatland Distribution, Area and Carbon Content in Papua, 2000 - 2001. Wetlands International – Indonesia Programme & Wildlife Habitat Canada (WHC) .
- ¹⁵ Indonesia Palm Oil Commission (2005) Statistik Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia 1998 - 2003 (Statistics of Indonesian Palm Oil Plantations 1998 - 2003) .
- ¹⁶ Industri Pulp dan Kertas: Berpotensi, tapi Sepi Investasi (Pulp and Paper Industry: High Potential, but Limited Investment) <http://www.wartaekonomi.com/indikator.asp?aid=6728&cid=25>
- ¹⁷ Dinas Kehutanan, WWF Investigations.
- ¹⁸ Tempo Magazine (2007) Road to Ruin.
- ¹⁹ WWF Indonesia reports:
<http://www.wwf.or.id/index.php?fuseaction=news.detail&language=e&id=NWS1151055588>
- ²⁰ Warta Ekonomi: Indikator. Industri Kehutanan: Masih Layu
<http://www.wartaekonomi.com/indikator.asp?aid=8040&cid=25>
- ²¹ Ministry of Forestry, Forest Statistics (2004) Table IV.1.4. Industrial Plantation Forest Development Up to Year 2004. http://www.dephut.go.id/INFORMASI/STATISTIK/2004/BPK/IV_1_4.pdf
- ²² Keputusan Menteri Kehutanan (Nomor: SK. 101/Menhut-II/2004) tentang Percepatan Pembangunan Hutan Tanaman untuk Pemenuhan Bahan Baku Industri Pulp dan Kertas.
http://www.dephut.go.id/INFORMASI/skep/skmenhut/101_04.htm (Minister of Forestry Decree Number: SK. 101/Menhut-II/2004 on Acceleration of Industrial Forest plantation Development to Supply Raw Material for the Pulp and Paper Industry.
- ²³ Blouch and Simbolon (1985) cited in Santiapillai, C., and Jackson, P. (1990) The Asian elephant: an action plan for its conservation. World Conservation Union/ Species Survival Commission Asian Elephant Specialist Group. Gland, Switzerland.
- ²⁴ Dinas Kehutanan Provinsi Riau (2002) Upaya pelestarian Gajah di Provinsi Riau.
- ²⁵ WWF unpublished data.
- ²⁶ http://eyesontheforest.or.id/eofnew/ele_map_announcement.php. See also reports collected at:
<http://www.wwf.or.id/tessonilo/Default.php?ID=926>

- ²⁷ Sanderson, E., J. Forrest, C. Loucks, J. Ginsberg, E. Dinerstein, J. Seidensticker, P. Leimgruber, M. Songer, A. Heydlauff, T. O'Brien, G. Bryja, S. Klenzendorf and E. Wikramanayake (2006) Setting Priorities for the Conservation and Recovery of Wild Tigers: 2005-2015. The Technical Assessment. WCS, WWF, Smithsonian, and NFWF-STF, New York – Washington, D.C.
- ²⁸ Wetlands International (November 2006) Peatland degradation fuels climate change.
- ²⁹ Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO (2007) : Global Forest Resources Assessment 2005.
- ³⁰ Wahyunto, S. Ritung dan H. Subagjo (2003) .
- ³¹ For example, see Tempo Magazine (11-17 September 2007) Road to Ruin. There are many news articles on the case. Some of them are collected at Eyes on the Forest website: <http://www.eyesontheforest.or.id>
- ³² Setiabudi. (2006) Analysis of 1990-1995-2000 and 2005 Land Use Dynamics in the Kampar Peninsular – Tesso Nilo – Bukit Tiga Puluh Conservations Landscape, Riau, Sumatra, Indonesia. WWF Technical Report.
- ³³ Chokkalingam U., Suyanto, Permana, R.P., Kurniawan, I., Mannes, J., Darmawan, A., Khususyiah, N., & Susanto, H. (2006) . Community fire use, resource change and livelihood impacts: The downward spiral in the wetlands of southern Sumatra. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 12: 75-100. The original publication is available at www.springerlink.com Online Date Friday, October 06, 2006.
- ³⁴ Cochrane, M. A. (2003) Fire science for rainforests. Nature, Vol. 421.
- ³⁵ Dennis, R., Hoffmann, A.A., Applegate, G., Gemmingen, v.G. & K., Kartawinata. (2001), Large-scale Fire Creator and Destroyer of Secondary Forests in Indonesia. Journal of Tropical Forest Science 13, 786-800.
- ³⁶ Tacconi, L. 2003. Fires in Indonesia: causes, costs and policy implications. Bogor, Indonesia, CIFOR. CIFOR Occasional Paper No. 38. vi, 24p.
- ³⁷ Justice, C.O. et al. (2002) The MODIS fire products, Remote Sensing of Environment, 83, 244–262.
- ³⁸ Siegert F, Hoffmann A (2000) The 1998 Forest Fires in East-Kalimantan (Indonesia) : A quantitative evaluation using high resolution, multitemporal ERS-2 SAR Images and NOAA-AVHRR hotspot data. Remote Sensing of Environment, 72, 64-77.
- ³⁹ Langner, A., Miettinen, J. and Siegert, F. (2007) Land cover change 2002-2005 in Borneo and the role of fire derived from MODIS imagery. Global Change Biology, 13, pp. 2329-2340.
- ⁴⁰ Miettinen J., A. Langner & F. Siegert (2007) . Burnt area estimation for the year 2005 in Borneo using multi-resolution satellite imagery. International Journal of Wildland Fire, 2007, 16, 45–53; Bechteler, A. & F. Siegert (2004) . Recurrent fires in tropical peatlands in Central Kalimantan. In: Proceedings of the 12th International Peat Congress: Wise Use of Peatlands, Vol.1: pp 607-614.
- ⁴¹ Bechteler, A. & F. Siegert (2004) . Recurrent fires in tropical peatlands in Central Kalimantan. In: Proceedings of the 12th International Peat Congress: Wise Use of Peatlands, Vol.1: pp 607-614.
- ⁴² Page, S. E., Siegert, F., Rieley, J. O., Boehm, H-D.V and A. Jaya (2002) . Carbon released during peatland fires in Central Kalimantan, Indonesia in 1997. Nature, 420, 61-65.
- ⁴³ Dennis, R., Hoffmann, A.A., Applegate, G., Gemmingen, v.G. & K., Kartawinata. (2001) .
- ⁴⁴ B. Hero Saharjo & C. P. Munoz (2003) . Controlled burning in peat lands owned by small farmers: a case study in land preparation. Wetlands Ecology and Management, Volume 13, Number 1 / Februar 2005
- ⁴⁵ Siegert F, Hoffmann A (2000)
- ⁴⁶ Langner, A., Miettinen, J. and Siegert, F. (2007)
- ⁴⁷ Miettinen J., A. Langner & F. Siegert (2007) .
- ⁴⁸ Goldammer, J. 1992. Tropical wild-land fires and global changes: prehistoric evidence, present fire regimes, and future trends. In J. S. Levine, ea., Global biomass burning: Atmospheric, climatic, and biospheric implications. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press, pp. 83-91.
- ⁴⁹ Asner *et al.* (2005) . Selective Logging in the Brazilian Amazon. Science 21 October 2005: 480-482.
- ⁵⁰ Siegert, F., G. Rücker, A. Hinrichs & A. Hoffmann (2001) . Increased fire impacts in logged over forests during El Niño driven fires. Nature, 414, 437-440.
- ⁵¹ Andrew N. Gillison (2001) .
- ⁵² Prawiradilaga, D. M et al. (2003) .
- ⁵³ Blouch and Simbolon (1985) .
- ⁵⁴ Dinas Kehutanan Provinsi Riau (2002) Upaya pelestarian Gajah di Provinsi Riau.
- ⁵⁵ Fadhlil, N. (2004) Gajah di Tesso Nilo dan Konfliknya. WWF Technical Report. WWF AREAS Riau Project, Pekanbaru, Indonesia.
- ⁵⁶ Departemen Kehutanan (2007) Strategi dan Rencana Aksi Konservasi Gajah Sumatera dan Gajah Kalimantan 2007-2017, Jakarta.
- ⁵⁷ http://eyesontheforest.or.id/eofnew/ele_map_announcement.php. See also reports collected at: <http://www.wwf.or.id/tessonilo/Default.php?ID=926>
- ⁵⁸ IUCN-Cat-Specialist-Group (1996) *Panthera tigris ssp. sumatrae* in IUCN 2004. In IUCN Red List of Threatened Species.

- ⁵⁹ Kinnaird, M. F., T. G. O'Brien, H. T. Wibisono, E. W. Sanderson, and G. Woolmer (2003) Deforestation trends in a tropical landscape and implications for endangered large mammals. *Conservation Biology* 17:245-257.
- ⁶⁰ Linkie, M., D. J. Martyr, J. Holden, A. Yanuar, A. T. Hartana, J. Sugardjito, and N. Leader-Williams (2003) Habitat destruction and poaching threaten the Sumatran tiger in Kerinci Seblat National Park, Sumatra. *Oryx* 37:41-48.
- ⁶¹ Tiger Working Group (2005) (TCU) Decision Rules Used to Produce TCU v. 2.2 (TCL) . STF/NFWF-WCS-WWF.
- ⁶² Sanderson et al. (2006) .
- ⁶³ Sunarto, S. Klenzendorf, M. B. Hutajulu, M. Kelly, M. Vaughan, and J. Nichols (2007) Sumatran Tigers in Riau: Estimating the Abundance in Three Major Habitat Types. In *Proceedings of Felid Conference*.
- ⁶⁴ Soehartono, T., H. T. Wibisono, Sunarto, D. Martyr, H. D. Susilo, T. Maddox, and D. Priatna (2007) Strategi dan Rencana Aksi Konservasi Harimau Sumatera (*Panthera tigris sumatrae*) 2007 - 2017 in D. Kehutanan, editor. Departemen Kehutanan.
- ⁶⁵ Sanderson et al. (2006) .
- ⁶⁶ Sunarto, S. Klenzendorf, M. B. Hutajulu, M. Kelly, M. Vaughan, and J. Nichols (2007) .
- ⁶⁷ Seidensticker, J., S. Christie, and P. Jackson. (Eds) (1999) *Riding the tiger: tiger conservation in human-dominated landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ⁶⁸ Sanderson *et al.* (2006) .
- ⁶⁹ IPCC (2006) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- ⁷⁰ www.gmes-forest.info
- ⁷¹ IPCC (2006) .
- ⁷² Brown S., Achard F., Braatz B., Csiszar I., DeFries R., Frederici S., Grassi G., Harris N., Herold M., Mollicone D., Pandey D., Pearson T., Shoch D., Souza C. (2007) Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and degradation in developing countries - A sourcebook of methods and procedures for monitoring measuring and reporting. Published by GOFCC-GOLD, Evolving technical document, <http://www.gofcc-gold.uni-jena.de/redd/> , 02.01.2008.
- ⁷³ Rieley, J.O. and Page, S.E. (editors) (2005) *Wise Use Guidelines for Tropical Peatlands*. Alterra, Wageningen, The Netherlands. 237 p. ISBN 90327-0347-1.
- ⁷⁴ Lullie Melling: studies in Sarawak.
- ⁷⁵ Hokkaido University study in Central Kalimantan.
- ⁷⁶ Jauhiainen J., pers. communication.
- ⁷⁷ Page, S. E., Siegert, F., Rieley, J. O., Boehm, H-D.V and A. Jaya (2002) .
- ⁷⁸ Authors' own observations.
- ⁷⁹ Aswin USUP, Yoshihiro HASHIMOTO, Hidenori TAKAHASHI, and Hiroshi HAYASAKA (2004) . Combustion and thermal characteristics of peat fire in tropical peatland in Central Kalimantan, Indonesia. *TROPICS* Vol. 14 (1) , 1-19
- ⁸⁰ S. Luysaert, I. Inghima, M. Jung, A. D. Richardson, M. Reichstein, D. Papale, S. L. Piao, E. -D. Schulze, L. Wingate, G. Matteucci, L. Aragao, M. Aubinet, C. Beer, C. Bernhofer, K. G. Black, D. Bonal, J. -M. Bonnefond, J. Chambers, P. Ciais, B. Cook, K. J. Davis, A. J. Dolman, B. Gielen, M. Goulden, J. Grace, A. Granier, A. Grelle, T. Griffis, T. Grünwald, G. Guidolotti, P. J. Hanson, R. Harding, D. Y. Hollinger, L. R. Hutya, P. Kolari, B. Kruijt, W. Kutsch, F. Lagergren, T. Laurila, B. E. Law, G. Le Maire, A. Lindroth, D. Loustau, Y. Malhi, J. Mateus, M. Migliavacca, L. Mission, L. Montagnani, J. Moncrieff, E. Moors, J. W. Munger, E. Nikinmaa, S. V. Ollinger, G. Pita, C. Rebmann, O. Roupsard, N. Saigusa, M. J. Sanz, G. Seufert, C. Sierra, M. - L. Smith, J. Tang, R. Valentini, T. Vesala and I. A. Janssens (2007) CO₂ balance of boreal, temperate, and tropical forests derived from a global database. *Global Change Biology* (2007) 13, pp. 2509–2537.
- ⁸¹ PEACE (2007)
- ⁸² UNFCCC (2007) National greenhouse gas inventory data for the period 1990–2005. FCCC/SBI/2007/30 (<http://unfccc.int/resource/docs/2007/sbi/eng/30.pdf>) UNFCCC Secretariat Bonn, Germany.
- ⁸³ UNFCCC (2007) .
- ⁸⁴ Sari, A. (2005) *Developing Country Participation: The Kyoto-Marrakech Politics*. HWWA Discussion Paper 333. Hamburg Institute of International Economics.
- ⁸⁵ PEACE (2007) .
- ⁸⁶ UNFCCC (2007) .
- ⁸⁷ Sari, A. (2005) .
- ⁸⁸ WWF, KKI WARSI, Zoological Society London, Frankfurt Zoological Society and Yayasan Program Konservasi Harimau Sumatera (2008) *Asia Pulp & Paper (APP) threatens Bukit Tigapuluh Landscape*. Technical Report, Jakarta, Indonesia. 26pp.
- ⁸⁹ Keputusan Menteri Kehutanan (Nomor: SK. 101/Menhut-II/2004) tentang Percepatan Pembangunan Hutan Tanaman untuk Pemenuhan Bahan Baku Industri Pulp dan Kertas. http://www.dephut.go.id/INFORMASI/skep/skmenhut/101_04.htm (Minister of Forestry Decree Number: SK. 101/Menhut-II/2004 on Acceleration of Industrial Forest plantation Development to Supply Raw Material for the Pulp and Paper Industry.)

