

# CDM植林と熱帯林の生き物

地球温暖化対策の一つCDM植林が  
熱帯林の生物多様性におよぼす影響

## 講演要旨集

2006年4月16日(日) 9:00~17:00  
東京大学 農学部 弥生講堂一条ホール

主催：独立行政法人 森林総合研究所  
(後援：環境省，林野庁)



# CDM 植林と熱帯林の生き物

## 地球温暖化対策の一つ CDM 植林が熱帯林の生物多様性に及ぼす影響

### 公開国際セミナー プログラム

受付(09:00～09:20)

プロローグ(09:20～09:30)

福山 研二(森林総研)

第1部: 小規模 CDM 植林の留意事項(09:30～10:30)

炭素算定から見た CDM 植林の適地

清野 嘉之(森林総研)

CDM 植林と地域社会との関係

横田 康裕(国際農研セ)

生物多様性への配慮

中牟田 潔(森林総研)

第2部: CDM 植林と生き物(10:40～12:00)

東カリマンタン州における人工林下層植生の多様性

五十嵐 哲也(森林総研)

森林の変化と野生鳥獣の生息状況

安田 雅俊(森林総研)

草原への植林による昆虫相の変化

上田 明良(森林総研)

アカシア植林によって回復する捕食寄生蜂の多様性

前藤 薫(神戸大学)

昼休み(12:00～13:30)

第3部: 東南アジアの実状(13:30～16:00)

人間活動が森林の変化に及ぼした影響と植物の種多様性

ヘルウィント・シンボロン (インドネシア科学院)

衛星画像解析によるランドスケープパターンの変化 自然と人間による攪乱の影響

リリック・プラセティオ (ボゴール農科大学)

熱帯林における鳥類の多様性

チャンドラ・ボエル(ムラワルマン大学)

マレーシア・サバ州での生物多様性と林業

北山 兼弘(京都大学)

わが国の CDM 植林事業の可能性と課題

小林 紀之(日本大学)

総合討論(16:00～17:00)

## プロローグ

福山 研二(森林総研)

本日は、独立行政法人森林総合研究所主催の公開国際セミナー「CDM 植林と熱帯林の生き物」にご来場いただき、誠に有り難うございました。

さて、CDM 植林とは、いったいどのようなことなのでしょう。CDM とは、Clean Development Mechanism の頭文字をとったもので、クリーン開発メカニズムとよばれ、途上国と先進国が共同で温暖化対策に取り組む仕組みとして、1997 年 12 月の COP3 (気候変動枠組条約第 3 回締約国会合)において、提案されたものです。2003 年 12 月の COP9 において、新規植林あるいは再植林としての CDM (CDM 植林)の実施ルールが決定されました。簡単に言えば、先進国が新規植林事業のような温暖化対策を発展途上国において実施してもいいという考え方であり、温暖化対策の資金を発展途上国に還元しようという意図もあります。

地球温暖化対策には温暖化ガスの排出削減と吸収量の増大の 2 つの方法があります。排出削減は、省エネや生活改善、バイオマスエネルギーのような化石燃料以外のエネルギー資源の開発などがあり、多くの手法が考えられますが、吸収量の増大については、人間が積極的に関与できるものとしては、森林の樹木などによる CO<sub>2</sub>の吸収くらいしかありません。CO<sub>2</sub>吸収量を増やすためには、適正管理により森林の成長量を増やすことと、新たに樹木を植えていく方法がありますが、我が国では戦後の積極的な造林政策により、もはや新たに植える適地がほとんどありません。その意味で、CDM 植林事業が重要になるわけです。

しかし、CDM 植林事業は、熱帯地域に大規模な人工植林を行ったり、成長の早い外国産の樹種を導入したりするため、生物多様性保全に影響が出るのではないかとということが欧州諸国などから指摘され、複雑で厳しいルールが提示されました。

今後我が国が CDM 植林事業を推進していくためにも、CDM 植林で単一の導入樹種による人工林ができた場合に、熱帯林の生物多様性のどのような影響が出るのかを明らかにし、熱帯林の生物多様性再生のための森林管理技術を開発すべきです。そして、森林が失われた地域への人工林の植栽により、希少固有生物の生存が保証されるなど、生物の多様性保全に貢献した場合には、付加価値を CDM 事業に追加できるような仕組みも作っていく必要があります。

熱帯林は木材利用のための伐採や、山火事、農地への転換などによって急速に減少をしており、CO<sub>2</sub>吸収源としてばかりでなく、生物多様性や貴重な遺伝資源の宝庫として危機的状況となっています。こうしたなかで、CDM 植林事業は少なくとも失われた森林を回復させるという意味では、温暖化対策としてだけでなく、生物多様性保全事業としての資源を熱帯林の再生に役立てることができる可能性があるといえます。

世界的に重要視されている、熱帯地域の生物多様性保全への動きと温暖化対策としての植林事業への動きを統合化し、先進国の資金を新たな熱帯林再生へ向けて活用していく道を考えていくべきではないでしょうか。

## 小規模 CDM 植林の留意事項 - 炭素算定から見た CDM 植林の適地

清野 嘉之(森林総研)

Clean Development Mechanism(CDM)は、共同実施、排出量取引と並ぶ京都メカニズムの一つで市場原理を加味して運用される。温暖化対策は自国内の排出削減努力が根本であるが、それだけでは京都議定書は成立しなかった。CDM には排出量抑制の CDM と吸収量増加の CDM があり、CDM 植林は造林による吸収量増加 CDM である。造林の方法は、植栽に限らず、播種や天然下種更新でもよい。適用は森林以外の土地を森林に転換する場合に限定され、森林管理(森林の消失・劣化防止など)は対象外である。IPCC は LULUCF-GPG で陸地を 6 つに土地利用区分している(林地、農地、草地、湿地、居住地、その他)。林地以外のいずれに造林しても CDM 植林になるが、現実的なのは農地や草地への造林であろう。炭素クレジット(tCER, ICER)のよりどころである純人為的吸収量は次式で算定する。

$$\text{純人為的吸収量} = \text{現実純吸収量} - \text{ベースライン純吸収量} - \text{リーケージ}$$

現実純吸収量とは CDM 植林地の炭素蓄積増加速度、ベースライン純吸収量とは CDM 植林が行われなかったときの同じ土地の炭素蓄積増加速度である。貧困撲滅に主眼を置いて、年 8k CO<sub>2</sub>-t までの上限を設け、かつ低所得者層が推進することなどを要件とし、それを満たせば手続きや手法を簡素化できる小規模 CDM 植林では、ベースライン純吸収量はモニタリングの必要がなく、造林直前の炭素蓄積を測れば、あとの時系列的変化は推定で済ませてよい(だからいい加減で良いのではなく、検証できないのだから推定の根拠、シナリオは厳しく問われるであろう)。現実純吸収量はモニタリングが必須で、期首には見積もりあればよい。リーケージは「植林に起因し、計測可能な、植林地外での排出の増加」で種類はいろいろあるが、代表的なのは CDM 植林以前の産物や公益的機能が CDM 植林によって損なわれる結果、産物や機能を CDM 植林地の外に求めるようになり、外での排出増加が発生するというものである。

純人為的吸収量の算定式(上記)、小規模 CDM 植林の簡素化算定ルール、その他の条件として CDM 植林前の土地利用、ベースラインの植生、造林樹種をパラメータに、熱帯地域における純人為的吸収量の算定モデルを作成し、既存の炭素データ(植林地純吸収量についてはバイオマスの 2 炭素プール、ベースライン純吸収量についてはリターを加えた 3 炭素プール)を用いて算定した結果、純人為的吸収量が有利になるのはベースラインの植生を維持する要因が生計よりも生計以外、ベースライン植生が低木群落よりもイネ科草原、造林樹種が非早生樹より早生樹、また、活動の逸出によるリーケージの発生量が多いときは通常の CDM 植林より小規模 CDM 植林の場合であることが分かった。

非森林の二次植生(CDM 植林の適格地)を成立させる人為攪乱が農業や牧畜など生計の場合、リーケージは CDM 植林にとって難題となる。しかし、小規模 CDM 植林は制約が少なく、リーケージがある程度発生しても純人為的吸収量を確保できることが分かった。年 8k CO<sub>2</sub>-t の吸収量が得られる小規模 CDM 植林の面積は 200 ~ 700ha 程度と見積もられた。

## CDM 植林と地域社会との関係

横田 康裕(国際農林水産業研究センター)・堀 靖人(森林総研)・立花 敏(森林総研)  
原田 一宏(マードック大学アジア研究センター・地球環境戦略研究機構)・鶴 助治(森林総研)

CDM 植林事業は、制度上、従来の植林事業と比べて、地域社会との関係がより密接となっている。まず、CDM 全般に共通することであるが、事業者には、ホスト国(植林事業が実際される国)の持続的発展に貢献することが求められている。また、事業申請時には、事業がもたらす社会経済的影響についての検討結果や、更に、事業計画に関して地元利害関係者から受け取ったコメント内容およびコメントへの対応についても報告することとなっている。

こうした、地域社会への配慮あるいは協調を求める制度は、一見すると、事業者にとっては、余分な作業・出費を強いられるように写るかもしれない。しかし、これまで、地域社会から理解・協力を十分に得られなかったために失敗した植林事業が少なくないことを考えると、こうした制度には、事業者および地域社会双方にとっての不幸な事態を事前に回避する効果が期待できる。また、CDM 植林事業による GHG 吸収効果を計算する際、「リーケージ(Leakage: 事業実施により生じた事業地周辺での GHG 排出量の増加)」を差し引くこととされているが、事業者は、地域社会と良好な関係を築くことで、地域住民の活動を経由して発生するリーケージを回避・軽減することができる。更に、そもそも地球温暖化防止に貢献する企業として社会的責任(CSR)を果たそうとするのであれば、地域社会への配慮をなおざりにすることはできないし、これにしっかりと取り組むことはむしろ CSR の観点から企業のイメージ向上につながる。

CDM 植林事業の中で、こうした地域社会への配慮・地域社会との協調を達成するためには、事業者は、迅速農村調査(RRA: Rapid Rural Appraisal)などを用いて社会経済調査を的確に実施すると共に、参加型森林管理のアプローチを取り入れ地域住民と共同で植林事業に取り組む体制を築くことも有効といえる。



写真(上): 森林火災後のアカシア造林地。森林火災の一因として、周辺住民による焼畑の火が十分に管理されていないことがあげられている。(マレーシア)

写真(下): 地域住民、地域行政、NGO、研究者が集まった植林事業に関するワークショップ風景。(インドネシア)

## 小規模 CDM 植林を実施するときの留意事項 - 生物多様性への配慮 -

中牟田 潔(森林総研)・松本 和馬(森林総研 多摩)

はじめに

CDM 植林を行うにあたって、事業者は環境影響に関して事業設計書に、事業が事業実施予定地域およびその周囲の生物多様性や生態系にどのような影響を与えるか記載することが求められる(COP9, 2003)。また、小規模 CDM 植林のための簡素化されたルールでは、環境影響に関して、気候、hydrology、土壌、生態系、希少種や絶滅危惧種の生息の可能性について、事業設計書に記載することが求められる(COP10, 2004)。さらに、「顕著なマイナス影響があると考えられる場合には、規模に応じた評価を実施する」ことが求められる。そこで本研究では、CDM 植林が生物多様性に与える影響に関して文献調査、および現地調査により明らかにするとともに、事業者が生物多様性に関して配慮すべき指針を提示する。

CDM 植林は、生物多様性に影響を与えるか？

インドネシア・ロンボク島「日イ友好の森」にて、植林地、無立木荒廃地(イネ科草本が優先し、灌木がわずかに生える草原)と非森林荒廃地(灌木が散在し、樹高4m以下の立木がわずかに見られる草原)にてチョウ類の生息調査を行い、チョウ類相を指標に植林が生物多様性におよぼす影響を明らかにした。その結果、植林事業自体によりチョウ類の種多様性が植林前の非森林よりも低下する可能性は低いことが示唆された。また、Chey et al. (1997)は、マレーシア・サバ州の植林地におけるガ類の多様性が、天然一次林ほど高くはないが、伐採後の草原よりも高いことを明らかにしている。

生物多様性に関して配慮すべきこと

COP10において、小規模CDM植林の環境影響に関して、「顕著なマイナス影響があると考えられる場合には、規模に応じた評価を実施する」ことが決定された。小規模CDM植林の事業主体はNGOやNPOなどの非営利事業体と想定されるので、環境アセスメントなどのコストはCDM植林の推進を減退させる要因になりかねない。したがって、小規模CDM植林の場合、生物多様性への影響の観点からは、顕著なマイナス影響がありそうな場所での植林は避けるというのが現実的シナリオと考えられる。

具体的には、以下のような条件に該当する場所でのCDM植林を避けたほうがよいと思われる。

- 1) 現植生が一次植生である。
- 2) 国際自然保護連合のレッドリスト([www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org))に記載されている種が生息する。
- 3) ホスト国が指定する絶滅危惧種、希少種が生息する。

また、環境への影響の観点から、以下の樹種は植林樹種としては避けたほうがよいと思われる。

- 1) ホスト国に未導入の外来樹種
- 2) 分散、帰化しそうな樹種
- 3) 成林を阻害するような甚大な被害をもたらす害虫の分布域において寄主となりうる樹種

例: チーク - チークビーホールポーラー、センダン科 - マホガニーマダラメイガ、アルビジア - マレーアオスジカミキリ

# 東カリマンタン州における人工林下層植生の多様性

五十嵐 哲也(森林総研 関西)・田内 裕之(森林総研)  
ヘルウイント・シンボロン(インドネシア科学省ボゴールハーバリウム)

## はじめに

インドネシア国東カリマンタン州において、アカシア・マンガウム人工林の下層植生に見られる木本植物の種組成および多様性を天然林、二次林および草原と比較した。

## 調査地と調査方法

調査はバリクパパン市のスンガイ・ワイン保護林とその周辺で行った。1m<sup>2</sup>のコドラートをha当たり100個設置し、下層植生(高さ2m以下)の調査を行った。プロットは1haの天然林プロット(略称SWSC、優占種は*Shorea laevis*, *Madhuca kingiana*, *Dipterocarpus confertus*など)、1haの被火災二次林プロット(略称WSSR、1997年に天然林が焼失後、自然更新、優占種は*Mallotus paniculatus*, *Macaranga gigantea*など)、0.5haのアカシア・マンガウム人工林プロット(2000年植栽)を2カ所(略称SWPA、DMPA)、0.25haのアランアラン草原プロット(優占種は*Imperata cylindrica*)を2カ所(略称SWGL、DMGL)である。これらに加えて0.07haの円形テンポラリプロットを9カ所設置し、各16m<sup>2</sup>個のコドラートを設置して同様の調査を行った。

## 結果と考察

図1に非計量多次元尺度法による序列化結果を示した。計算は下層植生中の木本植物の組成に基づいた。第一軸では、木本植物の種数と正の相関が見られ( $R=0.89$ )、攪乱の程度あるいは遷移の進行を反映している軸と推察された。16m<sup>2</sup>当りの木本種数は草原での1~7種に対して天然林では34種と多く、人工林ではその中間的な種数を示しており、序列図上でも両者の中間的な位置を占めた。ただし、その種数や種組成には草原に近い林分から二次林に近い林分まで幅があった。人工林SWPAでは6月から9月までの間に第一軸上で右に変化しており、草原の代表種である*Imperata cylindrica*の被度が大きく減少している一方、陽性の木本種である*Macaranga trichocarpa*の被度が増加しているなど、遷移が進行していることを伺わせた。ただし、これが乾期の影響による一時的なものであるのか、このまま進行していくものであるかは現時点では明らかではない。

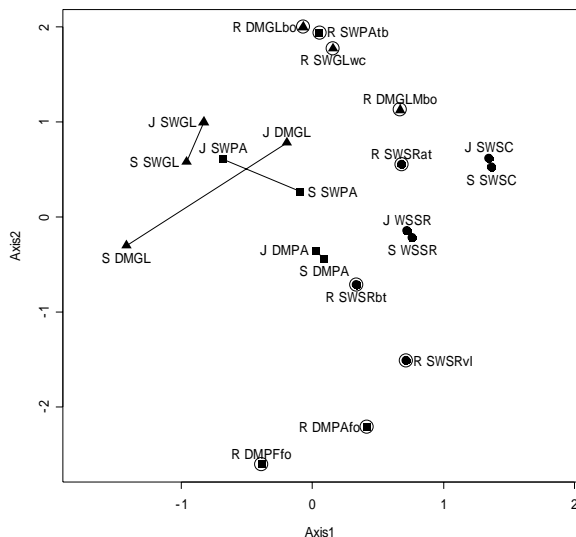


図1 下層植生に含まれる木本植物の被度データによる序列化結果(非計量多次元尺度法による)。○:草原, ●:人工林, ◐:二次林・天然林。線分はパーマネントプロットの6月(J)および9月(S)の調査値を結ぶ。輪で囲んだ点はテンポラリプロットの調査値である。



## 森林の変化と野生鳥獣の生息状況

安田 雅俊(森林総研 九州)・川上 和人(森林総研)

CDM 植林を行う際に、野生鳥獣の多様性はどのようにすれば保全できるのか。また、森林において野生鳥獣が担っている生態機能を健全な状態で維持するためにはどのような配慮が必要なのか。これらを知るためには、草原から天然林に至るさまざまな環境における野生鳥獣の生息状況を把握し、それぞれの動物種がもつ生態特性を理解する必要がある。ここでは、インドネシア東カリマンタン州における2年間の我々の調査で明らかになったことを報告し、提言を行う。

### 鳥類

ボルネオ島ではこれまでに350種以上の鳥類がさまざまな環境から記録されている。繁殖期直後の6月にアカシア植林地、草原、小面積の二次林において、かすみ網による鳥類の捕獲調査を行ったところ、それぞれの環境において7種43個体、8種44個体、25種106個体が捕獲された。二次林にのみ出現する種は記録された種の約半数(52%)を占めたことから、小面積であっても二次林の有無が鳥類の種数に大きく影響することが分かった。二次林の森林構造の複雑さが、さまざまな鳥種の生息に好適な環境を作り出していると考えられた。このことから、CDM 植林地内に、郷土樹種からなる二次林を創出、維持することで、地域の鳥類相を豊かにできると考えられた。

### 哺乳類

ボルネオ島では222種の哺乳類が記録されている。そのほとんどは森林性であり、哺乳類の多様性の維持には森林の存在が欠かせない。1993年と1998年の2回の森林火災を経験した二次林と未被災の天然林において自動撮影カメラによる哺乳類の生息調査を行ったところ、二次林の哺乳類の種構成は天然林のそれと比べて異なっていたが、機能群は維持されていることが分かった。すなわち、樹木の種子散布に重要な役割を果たしている果実食のサル類、ジャコウネコ類、リス類はどちらの環境でも多く生息していた。このことから、CDM 植林地とその周辺に、彼らの餌を常に十分供給できる規模の二次林を創出、維持し、かつ近隣の天然林との繋がりを確保することで、地域の哺乳類相を回復し、それにより森林の生態機能を健全に保つことができると考えられた。



## 草原への植林による昆虫相の変化

上田 明良(森林総研 北海道)・松本 和馬(森林総研 多摩)・楨原 寛(森林総研)

Woro A. Noerdjito (インドネシア科学院)・Sugiarto (ムラワルマン大学熱帯降雨林研究センター)

CDM 植林が昆虫の多様性に与える影響を評価するため、インドネシア共和国東カリマンタン州バリックパパン市の北 10～30km にある天然林、アカシアマンガウム人工林とチガヤ草原でチョウ、カミキリムシ、トンボ、糞・腐肉食性コガネムシを捕獲し、昆虫相を比較した。

チョウ類については、踏査ルートを設定し、一定時間捕虫網で捕獲した。また、取り逃がした種および遠距離や高所で目撃した種を可能な限り記録した。その結果、人工林では草原よりも種数が多かったが、天然林よりも少なかった。種別にみると、草原と人工林でみられた種は、比較的開放的環境を好む広域分布種が多く、ボルネオ島固有種がいなかったのに対し、天然林でみられた種の多くは深い森林を好む種であり、ボルネオ島固有種を含んでいた。

カミキリムシ類については、アルトカルプストラップを用いた。すなわち、約 80cm の長さに切ったアルトカルプス(ジャックフルーツ)の新鮮枝を葉付きのまま 5 本前後束ねたものを 1.2m 高にくくりつけ、3 日おきにトラップを叩いて、受け布に落ちたカミキリムシを捕獲した。種数はわずかな違いであったが、天然林で一番多く、次いで人工林、草原の順になった。逆に捕獲数は天然林で明確に少なかった。種別にみると、良好な森林環境を反映した種は天然林に多く、人工林では少ないが認められ、草原では皆無であった。

トンボ類については、人工林と草原がモザイク状に分布するランドスケープ内を流れる小川とその周辺で放虫網による一定時間の捕獲調査を行った。小川でみられた種で、川岸の植生に影響されているものはなかった。林内と草原内で捕獲したものはすべて広域分布種であった。今回の調査地はランドスケープの構造が複雑かつ各構成要素が小面積であったため、明確な結果が得られなかったと考えられた。

糞・腐肉食性コガネムシ類については、ベイトに牛糞、人糞、生魚、乾魚を用いたピットフォールトラップによる捕獲を行った。種数は天然林で明確に多く、草原と人工林は同程度であった。捕獲数は、天然林と草原の 1 か所で明確に多かった。種別にみると、草原に特有な種は広域分布種が多かったのに対し、人工林ではボルネオ島固有種がいくつかみられた。また、人工林の種構成は、天然林と草原の中間的なものであった。

以上の結果から、トンボ類を除いて人工造林により昆虫相が豊かになると考えられた。また、人工林で、カミキリムシ類では天然林でみられる良好な森林環境を反映した種が、糞・腐肉食性コガネムシ類ではボルネオ島に固有な天然林との共通種がみられた。これらのことから、人工造林は、草原のまま放置するよりも天然林本来の多様性を回復することに貢献すると考えられた。しかし、天然林と人工林の種構成が大きく異なっていたことから、天然林の消失に伴って衰退しつつある森林性稀少種を、人工造林によって回復するのは困難であると考えられた。

# アカシア植林によって回復する捕食寄生蜂の多様性

前藤 薫(神戸大学 農学部)

ガの幼虫に産卵するコマユバチ



Photo by Yamamoto & Itokawa

捕食寄生蜂とは、他の昆虫に寄主して最後には食い殺してしまう蜂の仲間である。彼らは、植物やその遺骸を利用する広範な昆虫類に依存しているばかりでなく、それらの天敵として森林生態系の安定化にも寄与している。そうした寄生蜂の変化を調べれば、森林生物群集全体の動態を知ることができる。我々は、寄生蜂のなかでもとくに多彩な寄主利用特性をもつコマユバチ科に注目し、チガヤ草原(アランアラン)にアカシアマンギウムを植栽することによって生じる寄生蜂相の変化を評価した。

寄生蜂の種の豊富さはアカシアマンギウムの植林によって増大し(図1)、種の組成も天然生林の状態に接近していた(図2)。植林によって減少する種もあったが、その多くは熱帯地域に広く分布する種であった。こうしたことから、森林への遷移が難しい人為草原に早生樹を植林することは、寄生蜂を上位消費者とする森林生物群集の回復を促すものと考えられる。しかし、植林地と天然生林では寄生蜂の種の豊富さや組成になお大きな隔たりがあり、利用する昆虫の食性によって寄生蜂の回復程度は異なっていた。とくに植物遺骸や菌類を食べる昆虫の寄生蜂や森林性のハエ類の寄生蜂は、容易には回復しないようである(図3)。

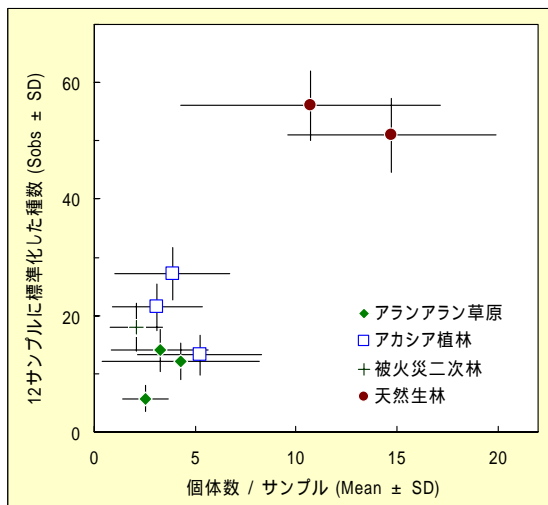


図1 コマユバチ科寄生蜂の密度と種の豊富さ

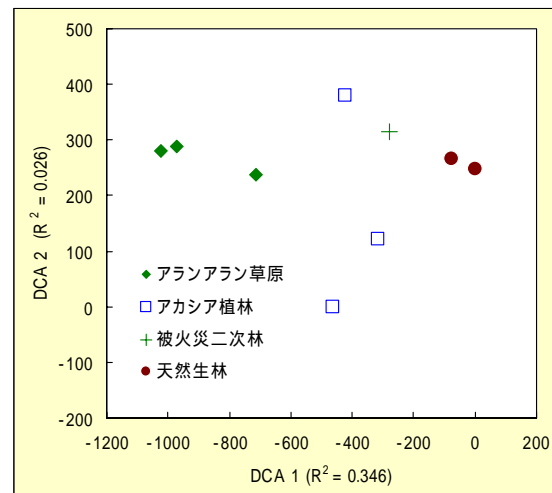


図2 除歪対応分析による調査地の座標付け

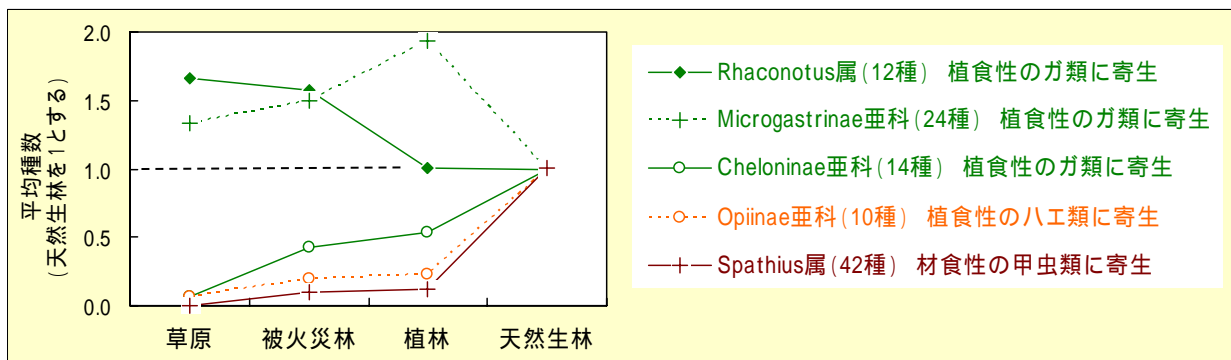


図3 寄主昆虫の食性によって異なる寄生蜂の種の豊富さの変化

# **Impact of human activities on the forest cover changes and its plant diversity in East Kalimantan, Indonesia**

Herwint SIMBOLON (Research Center for Biology-The Indonesian Institute of Sciences, Indonesia)

Tetsuya IGARASHI (FFPRI-Kansai, JAPAN)

The present rate of the tropical forests degradation is nearly 17 million ha per year; in Indonesia alone the rate was about 2.9 million ha per year, mainly due to the forest conversion and forest fires. Many activities of forest conversion for agricultural lands were unsuccessful and have created major land degradation and biodiversity losses. Another main factor that has contributed to the forest degradation and biodiversity losses was wildfires which are occurred almost every year since 1994-1995. The big wildfires in 1982-1983, 1994-1995 and 1997-1998, for example, have contributed to the degradation of forests in Indonesia about 3.5 million ha, 4 million ha and 9.5 million ha, respectively (ADB 1999, Winarso 1999 and Simbolon 2000).

In 1985, 90.6% of the total areas of East Kalimantan were covered by forest vegetation; however, in 1997 the forest areas have decreased into 68.5% of total areas, means 25.3% of forest areas were reduced within 12 years. These deforestations were due to human activities, such as forest conversion for agriculture and plantations, slash and burning agriculture, illegal logging, mining and forest fires. Forest fires 1994-1995 and 1997-1998 were the most important factors in contributing to the deforestation. Forest conversion for agricultural land, especially for plantations, also gave significant contribution to the high rate of deforestation. Recently, Indonesian government plan to extend the oil palm plantation in Kalimantan up to 4 million ha included 1.8 million ha along the border of Indonesia-Malaysia and 0.8 million ha of them will be established in East Kalimantan areas. Meanwhile, deforestation by means slash and burning agriculture, illegal logging and selective logging still going on, and forest fires were occurred every year.

Deforestation by any means not only changes the forest cover but also decreased the quantity and quality of harbored biodiversities. The deforestation due to forest fires have known to decreased about 36 - 70% individual tree plants or about 45 - 85% of its total basal areas and in turn, reduced tree canopy coverage in about 23 - 79%. The forest fires were also reduced the number of species, genus and families of tree plants about 23 - 79%, 53 - 66% and 18 - 21%, respectively. Monoculture plantations also have known to contribute to the plant diversity lost. Although not gave any difference on the total basal areas of trees per ha, our recent study at Sungai Wain Forest Reserve, Balikpapan-East Kalimantan showed, *Acacia mangium* plantations for example, decrease the trees and understories species, and density of trees as much as 95; 77 and 47%, respectively.

## 人間活動が森林の変化に及ぼした影響と植物の種多様性(訳)

ヘルウィント・シンボロン(インドネシア科学院)・五十嵐 哲也(森林総研 関西)

地球上の熱帯林は現在、年間約 1,700 万ヘクタールずつ減少していると言われる。そのうちインドネシアでは約 290 万ヘクタールの森が失われており、それは森林の改変と森林火災によるところが大きい。森林を農地へと変えたことで成功した例はなく、大規模な土地の劣化と生物多様性の損失を生み続けてきただけであった。また、1993-94 年頃から毎年のように発生する森林火災も森林の劣化と多様性の低下を引き起こしてきた。例えば 1982-83 年、1994-95 年、1997-98 年に発生した大規模な森林火災では、それぞれ 350 万、400 万、950 万ヘクタールの森林が被害を受けた(ADB 1999, Winarso 1999, Simbolon 2000)。

1985 年には東カリマンタン州全面積の 90.6%が森林植生によって覆われていたが、1997 年には全面積の 68.5%まで減少し、12 年間で 25.3%の森林が失われた。これらの森林破壊は農地やプランテーションへの改変、焼き畑農法、違法伐採、採鉱、そして森林火災といった人間活動によるものである。とりわけ 1994-95 年及び 1997-98 年の森林火災が与えた影響はすさまじい。プランテーションへの改変もまた森林破壊を大きく助長した。近年、インドネシア政府はカリマンタン地域にあるアブラヤシのプランテーションを 400 万ヘクタールまで拡大する計画(マレーシアとの国境地域の 180 万ヘクタールを含む)を打ち出しており、東カリマンタン州には 80 万ヘクタールが新たに作られようとしている。その間にも焼き畑農法や違法伐採、択伐による森林の劣化は続き、火災も毎年繰り返し起こっている。

森林破壊は、それがいかなる要因であったにせよ、森林植被を減少させるにとどまらず、量的、質的に動物のよりどころとなる植物の種多様性を減少させてしまう。火災による森林破壊は立木個体数、断面積合計、樹冠被度をそれぞれ 36-70%、53-66%、23-79%減少させ、種数を 23-79%減少させた。これは属レベルでは 53-66%、科レベルでは 18-21%の損失に相当する。単一樹種造林もまた植物の種多様性の低下に拍車をかける。例えば、我々がスンガイワイン保護林周辺でおこなった調査によると、*Acacia mangium* 植林地は個体数を 95%、下層の種数を 77%、樹木密度を 47%減少させたことがわかった。

# **Monitoring Landscape Pattern Changes from Satellite Imagery: Impact of Natural Process, and Human Disturbance**

Lilik B. PRASETYO (Forestry Faculty, IPB, Indonesia)

Hideki SAITO (FFPRI-Kyushu, Japan)

Satellite imagery provides time series data and therefore it is very effective to be used as monitoring tools of landscape changes, quantitatively and spatially. The paper describes spatial changes of landscape pattern at Sungai Wain Protected Forest, East Kalimantan, Indonesia and its surrounding areas, as a result of natural succession and human disturbance (forest fire, plantation development and agricultural activities). Some quantitative indices utilized as follows : Number Patch (NumP), Mean Patch Size (MPS), Mean Shape Index (MSI), Total Edge (TE), Edge Density (ED), Mean Patch Fractal Dimension (MPFD), Shanon's Diversity Index (SDI) and Shanon's Evenness Index (SEI). These Indices are calculated from Normalized Vegetation Index (NDVI) of time series Landsat data, which are classified into several scenario classes.

## 衛星画像解析によるランドスケープパターンの変化(訳)

### 自然と人間による攪乱の影響

リリック・プラセティオ(ボゴール農科大学 林学部), 齋藤 英樹(森林総研 九州)

衛星画像は時系列データを提供してくれるため, ランドスケープが量的, 空間的にどのように変化したのかをモニタリングするためのツールとして非常に有効である. ここではインドネシア東カリマンタン州スンガイワイン保護林とその周囲のランドスケープパターンが自然の遷移と人間による攪乱(森林火災, プランテーション開発, 農業活動)によってどのように空間的に変化してきたかを示す.

解析に使われた量的指数は, Number Patch (NumP), Mean Patch Size (MPS), Mean Shape Index (MSI), Total Edge (TE), Edge Density (ED), Mean Patch Fractal Dimension (MPFD), Shanon's Diversity Index (SDI)及びShanon's Evenness Index (SEI)である. なお, これらの指数は LANDSAT の NDVI(植生指数)画像を使って計算されたものである.

# The Avian Diversity in Tropical Forest Dynamic

Chandradewana BOER (Tropical Rainforest Research Center, Mulawarman University, Indonesia)

The largest remaining tropical rain forests in south-east Asia are on the islands of Borneo and New Guinea. As the large island is Borneo rich in biological diversity, not only plants but also animals species such as birds, arthropods, reptiles and also mammals. The tropical rain forest in Borneo, especially East Kalimantan changes in alarming rate. The lowland Dipterocarp forests have been rapidly degraded by human activities since the late 1960s. Further degradation is caused by the large-scale forest fire, illegal logging and conversion to cultivation through slash and burn activity.

One of the characteristics of the forest bird in tropical area is the high number of species, but low number of its abundance or population. Bornean species diversity indicate a large variety of ecosystems and ecological processes such as coastal forest, mangrove, heath forest, lowland forest, sub montane and montane forest which have a specific of bird species diversity. The diversity changes a long the type of natural habitat and since the use of natural resources began by the human, the diversity also changes within its type of forest habitat and followed these disturbances. Natural ecological disturbances creates habitat changes that are used by diverse groups of birds. Natural tree fall gaps in tropical forest maintain the forest regeneration and the dynamic of bird diversity at local level.

Describing the great variety of biodiversity patterns is relatively simple in comparison with understanding and explaining those patterns. For almost any gradient of diversity, some properties of the environment will be positively correlated and some negatively correlated with diversity. Primary productivity is the basic resources that fuels life on Earth, therefore it is not surprising that productivity is correlated with diversity in many situations. In tropical forests, geographical diversity is higher than almost anywhere else in the world. The highly variability in precipitation affects plant growth and community structure. There are some structural differences with distribution of foliage being more even in tropical forest self. Shrubs and herbaceous layers are vary in the forest floor in each type of vegetation climax. The differences affected avifaunas at geographic and altitude level where series of endemic species have evolved.

The wide diversity of food source in the tropics supports the co-existence of many bird species that are not food specialists at all or known as generalist. The birds from this guild survive by exploiting two or more food source which its availability changes over space and time. Most of the bird in the tropical forest of Borneo is grouped to whether the insectivores or generalist. Primary forest or climax one is the home for many specialist birds, endemic ones, rare species and endangered species. Ecological disturbances such as tree fall gaps lead to high species diversity of bird, because in gap area the light helps the bird to find their food more easy than in intag forests. The same high diversity index were found also in the logged over area for 5, 10 and 20 years, however the species composition was really different with comparing to the climax forests. The absence of some species in disturbing areas for long time warned to the diminishing of the diversity and will be determine to endangered status at local aspects. The effect of disturbance in the ecology and conservation of many species of bird requires comprehensive monitoring programs and long term research.

There are still some bird specialist could be found in the area after fires, loggings or Coal Minings which most of them are insectivores and very few frugivores. Generalist birds are most easy to find in many disturbance habitats. Such species have the ability to adapt to the changes of the environmental components, since they have alternative of food resources. Opposite to the specialist who feed only to the specific food resources, they will be on the risk situation to vulnerable status. Generalist and insectivore bird are found considerable in many disturbance areas as well as in the most tropical forests that are poor on fruit trees. The distances from disturbing area to the primary forest or climax vegetation is the key to determine the avian diversity there. The impact of disturbances depends on species, site conditions and other variables, but declining population is the most noticeable change. Fire use for land preparation at commercial plantation and at farm lands for slash-and burn agriculture or fires due to illegal logging, hunting, carelessness, mischief is one from some problem in the tropics that will threat the bird diversity seriously. The existence of numerous fire sources and their wide distribution, illegal logging, forest conversion etc. are strongly connected to government policies, for which economic development is a priority, and also probably with the customs of the local people. Wild fires will predict one of the most causes of biodiversity loss in the tropics.

The problems of wild fires, logging, forest conversion, hunting and trading could have a severe impact not only on avian diversity but also on the bird population. Many aspect of disturbance ecology of bird require further research. Important question involve association between the intensity and frequency of disturbance and the viability of bird population, the scale of disturbance with respect to the spatial structure of population and the role of natural Vs anthropogenic disturbance. Understanding the relationship between habitat and the size of diversity and bird population is important in relation to site designation and protection as well as the formulation of strategic policy. In Borneo there are also very few species whose ecology is known well, the best known birds are probably only the large one, diurnal or have commercial prices.

次ページに訳文があります。



## 熱帯林における鳥類の多様性(訳)

チャンドラ・ボエル(ムラワルマン大学熱帯降雨林研究センター)

東南アジアの広大な熱帯林はもはやボルネオ島とニューギニア島にしか残されていない。とりわけボルネオ島の生物多様性は高く、植物種のみならず節足動物、鳥類、爬虫類、哺乳類といった動物種も豊富である。しかし、ボルネオ島の熱帯降雨林、とりわけ東カリマンタン州のそれは今、驚くべき速度で失われている。典型的な低地フタバガキ林は 1960 年代後半から人間活動によって急速に劣化されてつづけてきており、さらに近年では、大規模な森林火災や違法伐採、焼き畑農法による耕地への改変がこれに拍車をかけている。

熱帯地域の森林性鳥類に見られる特徴の一つは、豊富な種数と小さな個体群サイズである。ボルネオにおける鳥類種の多様性は、この地に海岸林、マングローブ林、ヒース林、低地熱帯林、低山林といった多様な生態系があることを示している。種多様性は本来のハビタットタイプによっても異なるが、人間の資源搾取によるハビタットの攪乱に応じて変化する。多くの場合において、植物による一次生産がその地域の種多様性に影響を与えているだろうことは疑いようがない。季節的、地域的に雨量が異なることがそれぞれの地域の植物の生長と群集構造に影響し、様々な下層植物を生み出す。こうした相違が地理的あるいは標高レベルでそれぞれ独自の鳥類相を進化させてきた。

熱帯の食物資源の豊富さは、特異的な食物に依存することがない、いわゆるジェネラリストと呼ばれる多くの鳥類種の共存を可能にしている。これらの鳥類は時空的に変動する食物資源の中から、その時、その場所で有効なものを摂食している。ボルネオ島の熱帯林に生息する鳥類のほとんどはこうしたジェネラリストか昆虫食である。一方、多くのスペシャリスト、固有種、希少種、絶滅危惧種は残された天然林、極相林に依存している。他方、伐採から 5 年、10 年、20 年と経過した地域も同様に種多様性は高いが、その種構成は天然林のものとは大きく異なる。攪乱された地域にある種の鳥類がいないことは種多様性が低いことを示すとともに、その地域が局所的に危惧される状態にあることも意味する。

熱帯の鳥類種の多様性を深刻に脅かすものは、プランテーションや畑地造成、不注意やいたずらによる火入れや違法伐採、ハンティングである。広範囲に渡る火災発生源や違法伐採、森林の改変は、経済発展を主眼に置いた政策と、そしておそらく慣習となってしまった地域住民の行動と密接に関わっているだろう。こうした人為的攪乱は、鳥類相の多様性だけでなく個体群そのものにも大きく影響してきただろう。多くの鳥類種の保全に対して攪乱がどのような影響を持っているのかを明らかにするためには、包括的なモニタリング計画と長期にわたる調査が必要であり、攪乱の強度及び頻度が鳥類個体群の健全性にどのように影響するか、攪乱のスケールが個体群の空間構造にどのように影響するかを明らかにすることが重要である。ハビタットと種の多様性、個体群サイズの間関係を理解することは、戦略的な政策を形成することと同様にその地域の保全の方向性を決める上で重要である。

## マレーシア・サバ州での生物多様性と林業

北山 兼弘(京都大学 生態学研究センター)

マレーシア・サバ州では、80年代から90年代の始めにかけて商業伐採が進んだ。木材資源の枯渇が進むにつれ、現在では商業林保護区(Class II Commercial Forest Reserve 総面積 2,685,490ha)の大部分を占める択伐林への伐採圧力は一層高まり、真に持続ある森林管理の必要性が求められている。このような中、サバ州森林局では森林管理手法を大きく変えつつある。1997年には、これまでの伐採権(コンセッション)による短期ローテーションに基づく管理を廃止し、州内の商業林保護区を18の管理区(Forest Management Unit= FMU)に分け、ライセンス契約に基づく長期管理体制に移行しつつある。この新しい体制では、管理主体は森林管理計画(Forest Management Plan)を森林局に提出し、承認されると100年間長期管理できる。管理計画は持続的森林管理の基準指標を満たすものでなければならず、管理区は1)保護区、2)生産林区、3)社会林業区に適切に地帯区分されなければならない。木材資源が枯渇した中で長期計画が求められているので、森林資源が回復するまでどのようにして生き残っていくのか管理主体は大きな問題を抱えている。現在、商業林保護区の約半分の面積で森林管理計画が認められたに過ぎない。この体制では、これまでの伐採権を発行するやり方と異なり、州全域で一斉に伐採が進行する懸念が高い一方で、生物多様性からの遺伝子資源の探査・開発、生物多様性や景観の保護によるエコツーリズムの振興、在来種による造林、森林資源一般の研究開発促進など多様な森林管理が進み、択伐林が持続的に維持され、自然保護区と商業林区のマトリックスを形成して複合的に自然保護に貢献することも期待される。

現在、18の管理区のうち、3つの管理区がサバ州森林局によって直接経営されている。その1つがデラマコット商業林保護区で、ここでは低インパクト伐採(reduced impact logging=RIL)が導入され、国際的な認証機関の Forest Stewardship Council (FSC)から森林認証を受けている。伐採道路の事前計画、伐採地の事前ストック調査、伐採木の事前選定、伐倒方向の計画、ケーブル搬出の組み合わせにより伐採影響は極力低減されている。持続的森林管理の基準を満たすため、デラマコットでは「High Conservation Value Forest 区」が設定され、生物多様性の評価とモニタリングが行われている。この管理では、従来の手法に比べて、事前計画と低インパクト伐採のコスト負荷が問題となるが、結果として伐採される木材は高額で取引引きされるため(多くが国際的な買い付け)黒字経営が続いている。つまり、低インパクト伐採からの木材産品に末端消費者が価値の付与を行っていることになる。生物多様性は、持続的森林管理の基準指標と消費者へのプレミアムを付与することで、林業にとってますます重要性が高まると思われる。一方、デラマコットでは、低インパクト伐採の導入によって、残存する森林の材積が周囲の従来型の伐採区に比べて高止まりになっており、炭素が平均70トン/ha 多く貯留すると見積もられている。このように、新たな施業方法の導入によって木材生産、生物多様性保護、炭素貯留の3つを達成できる可能性が示されている。モデルとしてのデラマコットの森林経営と生物多様性の現状について報告する。

# わが国の CDM 植林事業の可能性と課題

小林 紀之(日本大学 法科大学院・生物資源科学部兼任教授)

## 1. CDM 植林事業(A/R CDM)の潜在的可能性

A/R CDM は途上国、特に熱帯諸国での先進国と共同による植林事業の新たな展開の可能性を持っている。

わが国企業の海外植林事業は環境面や社会面での配慮が強く求められている。又、NGO が推進する植林事業でも経済性があつたほうが推進しやすい。A/R CDM は企業や NGO に新たな植林事業の機会を与える国際制度と言えよう。

京都議定書に示されている CDM の第一の目的は途上国(ホスト国)の持続可能な開発に資すること、第二の目的は温暖化防止である。A/R CDM は森林減少の防止、貧困対策にも役立ち、排出源プロジェクトに比べこの第一に目的により大きく貢献する可能性がある。

一方、A/R CDM に投資する事業者にとっては温暖化防止に貢献するとともにプロジェクトで得たクレジットによる経済的メリットが期待できる。又、企業にとって企業の社会的責任(CSR)を果たす機会ともなる。

このように A/R CDM は企業や NGO の途上国での植林の展開に新たな機会を生む可能性を持っていると言える。ところが A/R CDM は世界的にも申請案件は再申請を含め 2 月末現在 20 件にすぎず、わが国からの申請はまだ出ていない。なぜ、A/R CDM の普及が進まないのか、主な問題点を考察したい。

## 2. A/R CDM 実施上の事業者にとっての障害

実施上の障害を大別すると、CDM 理事会から CDM プロジェクトとして承認を得るための手続き上、制度上の障害と、経済上の障害に大別される。

### 1) 手続き上の障害 - 新方法論の承認

現在の最も困難な障害は新方法論(New Methodology)の承認を得ることである。CDM 理事会 A/R ワーキンググループ(A/R WG)前議長の Dr.J.E. Sanhueza は新方法論不承認の理由をいくつか示しているが、ベースライン方法論、追加性、土地の適格性の 3 点が特に重要と思われる。現在、承認された新方法論は審査申請に提出された 20 件(再申請含む)の中で中国から提出された 1 件のみで、承認のハードルの高いことを示している。

### 2) 経済上の障害 - クレジットの補填義務

A/R CDM 独特の問題である非永続性を解決するため、A/R CDM に排出源プロジェクトとは別のクレジットである短期期限付きクレジット(tCER)と長期期限付きクレジット(ICER)が考案されている。tCER、ICER はクレジットの有効期限の前に別のクレジットで補填されなければならない。この補填義務が排出源によるクレジット(CER)に比べ tCER、ICER 価格が低く評価される理由となり、A/R CDM の経済性の足を引っ張る要因となっている。

### 3. A/R CDM 推進の課題と展開

A/R CDM 推進には上述のように制度的、経済的障害等があるが克服すべき課題と推進のための新たな仕組みを検討したい。

#### 1) 手続き上の課題と改善策

制度上の課題として手続きの一層の簡素化の取組みと追加性ルーツ等すでに発行されているが、更なるツールやガイドライン等の開発が望まれる。又、新方法論審査等の迅速化のため A/R WG の拡充も必要と考えられる。

#### 2) プロジェクト参加者にとっての課題

A/R CDM の手続きは頻雑で PDD の作成も専門知識が必要であるが、プロジェクト参加者は A/R CDM の理解を深めることが重要である。そのためには、CDM 理事会から発行されているツール、指針等の内容を知るとともに、これまでわが国で実施された調査、研究事例から学び、プロジェクト策定に生かすことが必要であろう。さらには、新方法論パネルで承認された案件、否認された案件から具体的に学ぶことも有効と考えられる。

#### 3) 経済性の課題

A/R CDM プロジェクトは地域社会や生物多様性等環境面での貢献が大きいことが想定されている。これらのプラス面を評価し、温暖化防止効果のマイナス面(非永続性)を補うことができる経済的評価の仕組みを検討することが必要と考えられる。さらには企業の CSR 的評価をどのようにクレジットの価値に加味するかも検討対象と思われる。

CDM 排出源プロジェクトによるクレジット(CER)の政府により買い取り策が予算化され、事業者にとって CDM の取組みの具体的なインセンティブとなっているが、A/R CDM による tCER、ICER についても政府による買い取り策の検討が普及への大きな鍵になると考えられる。

#### 4) A/R CDM プロジェクト形成の新たな仕組み

現在新方法論パネルに提出されているプロジェクトの多くは途上国から提出されたいわゆるユニラテラル方式によるものである。これらの大部分は途上国や国際的 NGO が中心にプロジェクト形成したもので、代表的な事例としてコンザーベーション・インターナショナルが推進している。エクアドルの「トリプル・ベネフィット型」A/R CDM プロジェクトがある。このプロジェクトは NGO が国際的ネットワークを生かし推進しているがプロジェクトによるクレジット(ICER)購入予定者に日本企業があがっている。

わが国の NGO が連帯して A/R CDM を推進する動きも生まれている。「CDM 植林 NGO 協働イニシアティブ」という A/R CDM 推進のプラットフォームを立ち上げ NGO が連帯してプロジェクト形成を目指す取組みである。このイニシアティブにバードライフ・アジア、オイスカ、コンザーベーション・インターナショナル、環境教育フォーラム(予)など有力 NGO が参加し、損保ジャパン環境財団が活動資金の助成をしている。企業、大学も参加する NGO、産、学による取組みの可能性も生まれてきている。