

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	小川 裕也
論文題目	Organic matter and macrobenthos dynamics analyzed with stable isotopes in the anthropogenically transformed mangrove ecosystem of Batan Bay Estuary, Philippines (フィリピン、バタン湾の人為改変されたマングローブ生態系における安定同位体を用いた有機物とマクロベントスの動態)		
(論文内容の要旨)			
<p>マングローブ林は豊富な生態系サービスを提供するが、人為的かく乱により急速に減少してきた。特に東南アジアにおいては、養殖池への転換によるマングローブ林消失が進み、生態系サービスの低下が懸念されている。人為的かく乱による生態系への影響を定量的に評価することは、生態系の修復や持続可能な土地利用の実現のための重要な知見となる。本研究は、1988年以降に90%以上のマングローブ林が養殖池へ転換されたフィリピンのバタン湾において、マクロベントス群集とそれが利用する有機物に焦点をあてて、人為的かく乱の生態系への影響を明らかにすることを目的とした。調査には炭素・窒素安定同位体比分析を用いて、有機物の起源推定やマクロベントス群集の食物起源推定を行なった。</p> <p>第1章では、過去のマングローブ生態系と安定同位体比分析の研究を総括した上で、人為改変をうけた熱帯沿岸域の生態学的研究の欠如を指摘、特に放棄養殖池やオオバヒルギ植林などの生態系についての知見の必要性を論じた。</p> <p>第2章では、バタン湾沿岸域における一次生産者の炭素と窒素の安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$、$\delta^{15}\text{N}$)を明らかにした。それぞれの一次生産者の安定同位体比は先行研究と同様の値となり、特に底質中有機物の主な起源とされるマングローブ樹種を含む陸生C_3植物、底生微細藻類、植物プランクトンは安定同位体により明瞭に識別できた。マングローブ樹種については、種間変動と種内変動の解析を行った結果、明確な種間変動は確認できなかったが、複数の種で$\delta^{13}\text{C}$が河川上流部から湾内にかけて増加していく傾向が見られ、塩分濃度上昇による水ストレスの増加が示された。また、$\delta^{15}\text{N}$は湾域よりも河川域のマングローブ樹種において高いことから、河川域において農業排水・生活排水の影響があることが示唆された。</p> <p>第3章では、マングローブ林の大部分が消失したバタン湾全体の底質中有機物の炭素窒素安定同位体比を測定し、有機物起源とその空間的な分布を明らかにした。まず、バタン湾において測定した63ヶ所の水質、地形、底質中有機物の$\delta^{13}\text{C}$、$\delta^{15}\text{N}$、C/N比を変数にクラスター解析を行った。その結果、バタン湾は河川区、奥湾区、湾区に区分ができた。次に、それぞれの区分においてベイズ推定を組み込んだ混合モデル (SIAR) を用いて底質中有機物の起源となる各生産者 (マングローブ樹種を含む陸生C_3植物、底生微細藻類、植物プランクトン) の寄与率を算出した。その結果、バタン湾全体でマングロ</p>			

ープ樹種を含めた陸生C₃植物由来の有機物の寄与が高く、これに植物プランクトンと底生微細藻類が補完的に寄与していた。水深が浅く水流が弱い奥湾区では、底生微細藻類の貢献が大きいことが明らかになった。

第4章では、人為改変がマクロベントス群集に与える影響を調査するため、天然マングローブ林、天然干潟、オオバヒルギ植林地、放棄養殖池においてマクロベントス群集構造と安定同位体分析を用いた食物網構造解析を行った。調査の結果、自然的環境下（天然マングローブ林と天然干潟）ではマクロベントス群集の多様性は高く、様々な一次生産者起源の有機物に依存しているのに対し、人為的環境下（植林地と放棄養殖池）ではマクロベントス種の多様性が低く食物網構造も単純化していることが明らかとなった。また、底質表面の標高がマクロベントス群集構造を決定する重要な要因であることが示され、放棄養殖池でマングローブ樹種の侵入や有機物の蓄積によって底質表面に起伏ができることが、マクロベントス群集の多様化に貢献することが示唆された。

第5章では、オオバヒルギ植林地と残存した天然マングローブ林の林分構造、バイオマス生産量などからバタン湾におけるオオバヒルギ植林の生態的な位置づけを評価した。毎木調査とリタートラップ法、イングロースコア法による純一次生産量の推定により、植林地はバイオマスや生産性は高いが、単一種の過密な植栽により台風時の強風に対して脆弱であることが示された。また、過密に植栽された植林地では林床が暗く、底生微細藻類の発達が抑制され、マクロベントス群集の餌資源が単純化して、第4章でみられたようなマクロベントス群集の多様性低下と食物網構造の単純化につながっていることが示唆された。

第6章では、以上の内容を整理し、熱帯沿岸域におけるマングローブ林の消失とそれに続く植林地や放棄養殖池の増加は、有機物起源の単純化やマクロベントス群集の単純化に結びついており、沿岸生態系の修復においてはこの点に留意する必要があることを指摘した。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせ

て、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

世界のマングローブ林は、急速にその面積を減少させ、生態系サービスの低下によって沿岸域の人々の持続的な生業維持が困難となり、災害リスクの増加も問題となっている。このような生態系の変化を陸域と海域の移行帯であるマングローブ林域で定量的に把握した研究はまだ少ない。本論文は人為的な改変をうけたフィリピンのバタン湾において、マクロベントス群集とそれを支える一次生産者に焦点をあてて、安定同位体分析を駆使して群集構造の変化や食物網構造の変化を検証した研究である。評価すべき点は以下のとおりである。

1. マングローブ林の90%以上が消失したバタン湾ではあるが、底質中ではマングローブ植物を含む陸生のC₃植物起源の有機物が主となっていること、ならびに水深の浅い奥湾において底生微細藻類起源の有機物の貢献が大きいことを明らかにした。
2. 湾内の天然マングローブ林、マングローブ植林地、天然干潟、放棄養殖池でマクロベントス群集の調査を行った結果、マングローブ植林地や放棄養殖池における種多様性が低く、食物網構造も単純化し、また依存している一次生産者の多様性も減少していることを明らかにした。
3. 単一樹種を高密度で植栽したマングローブ植林地は、高い純一次生産量と高バイオマスが期待できるが、マクロベントス群集の多様性は低く、底生微細藻類とプランクトン起源の有機物の貢献が少なく、台風による倒壊の危険も大きいため、生態系修復の観点からは十分な成果が得られないことを指摘した。

以上のように、本論文は、人為的に大きなかく乱をうけたマングローブ林を含む沿岸域生態系の現状を、生物多様性や食物網構造に踏み込んで明らかにし、生態系修復の方向性についての有効な指針も示しており、森林生態学、生態系生態学、森林管理学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和4年2月18日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降 (学位授与日から3ヶ月以内)