

## インドのマングローブ林と気候変動対策 ～グジャラート州沿岸部マングローブ植林に見る 空間情報技術の利用可能性～

今日、世界各地での森林減少及び劣化と気候変動が深く関係していることは広く知られている。そのため、森林が有する多面的な機能について正しく理解し、気候変動による被害を軽減させる適応策と温室効果ガスの排出量を削減する緩和策をそれぞれ強化し、その両輪で対策を実施することは大変重要である。本稿では、森林の適応策、及び緩和策としての可能性について考察するため、津波やサイクロンにより甚大な被害を受けたインド沿岸部のマングローブ林に焦点を当て、同国の気候変動対策について概観するとともに、インドを始め、各国森林セクターにおける空間情報技術を活かした沿岸管理の可能性を探る。

国際航業株式会社 海外コンサルティング部  
副主任研究員 中西 平

### はじめに

2016年11月、産業革命以前からの世界平均気温上昇を2°C未満（努力目標として1.5°C未満とも言及）に抑制し、さらには今世紀後半までに人為起源の温室効果ガス排出をネットゼロとすることを目指すパリ協定が発効された。また同協定では、上記目標を達成するために、適応策と緩和策の強化、並びにその両輪での対策の重要性についても指摘された。

中国、アメリカに次いで、二酸化炭素排出量世界第三位のインドは、本協定において、2005年を基準に、2030年までにGDP当たりの温室効果ガス排出量を33～35%削減させる<sup>1</sup>ことを自主目標に掲げた<sup>23</sup>。今日のインド経済は依然として農業に大きく依存しているため、干ばつなどの異常気象をもたらす農業に長期的な影響を及ぼし得る気候変動は、同国にとっても非常に大きな脅威である。またインドは、総延長7,517km（東京からインドの首都デリーまでの距離の約1.3倍）の非常に長い海岸線を有し、全人口の約14.2%（約1.8億人）が沿岸地域で生活しているほか<sup>4</sup>、希少な生態系が多く分布しているため、津波やサイクロンなどによる自然災害の被害を受けやすい。一方、山間部においては、洪水や土砂災害が頻繁に発生し、土壌侵食や社会インフラへの被害が多発していることから、気候変動対策は、同国全体にとっても喫緊の課題となっている。

<sup>1</sup> 日本では、中期目標として、2030年度の温室効果ガスの排出を2013年度の水準から26%削減（比較する年度をインドと同じ2005年度へ置き換えた場合、25.4%削減）することを目標として定められた。

<sup>2</sup> 広瀬公己（2019）「インドが変える世界地図」を参照。

<sup>3</sup> [https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w\\_000121.html](https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000121.html) を参照。

<sup>4</sup> <http://iomennis.nic.in/index2.aspx?slid=758&sublinkid=119&langid=1&mid=1> を参照。

今日、世界各地での森林減少及び劣化と気候変動が深く関係していることは広く知られており、そのため、森林が有する多面的な機能について正しく理解し、気候変動による被害を軽減させる適応策と温室効果ガスの排出量を削減する緩和策を組み合わせることは大変重要である。そこで本稿では、森林の適応策、及び緩和策としての可能性について考察するため、津波やサイクロンにより甚大な被害を受けたインド沿岸部のマングローブ林に焦点を当て、以下の順に従って、同国の気候変動対策について概観する。

はじめに、インド沿岸部に被害を及ぼした過去の自然災害について確認する。次に、世界及びインド国内のマングローブ林の分布とその多面的機能について解説する。さらに、インドにおける気候変動対策と日本のインドに対する協力支援について概観し、ケーススタディとしてグジャラート州を取り上げ、マングローブ林の現況と保全活動の事例を紹介する。最後に、上記結果を基に、インドを始め、各国森林セクターにおける空間情報技術を活かした沿岸管理の可能性を探る。

## 1. インド沿岸部における自然災害

インド沿岸部は、これまでも多くの自然災害に見舞われてきた。2004年にインドネシア・スマトラ島沖で発生した巨大地震では津波が発生し、インドを含む沿岸諸国において、未曾有の被害をもたらした。この津波による被災者は約120万人、死者及び行方不明者数30万人以上、被害総額78億ドル超に達したと推定されている<sup>5</sup>。津波のほかに、インド沿岸部では歴史上多数のサイクロンが上陸し、甚大な被害をもたらされてきた。最近では、2019年11月に発生したサイクロン「ブルブル」は、インドとバングラデシュの沿岸部に上陸し、強風と集中豪雨をもたらし、家屋や耕作地への物理的被害のほか、インド東部の西ベンガル州、オディシャ州を含む両国で死者20名、また200万人以上の住民が避難を余儀なくされ、被害総額は推定1,500億円以上と言われている<sup>6,7</sup>。また同年5月に発生したサイクロン「ファニ」は、オディシャ州に上陸し、その後西ベンガル州を通過して、インド北東部の内陸の州まで到達した。その結果、インド国内だけで少なくとも34人以上が死亡し、約100万人が避難を余儀なくされた<sup>8</sup>。その他にも、最も勢力の強かったサイクロンの一つとして知られる「オディシャサイクロン」は、1999年10月に同じくオディシャ州に上陸し、被災した村落約1.4万村、死者約1万人、被災者約1,250万人、被災した農地面積約180万ha、被災家屋約180万軒など、同州に甚大な被害をもたらした<sup>9</sup>。

このようにインドは、長い海岸線を有しているが故に、津波やサイクロンによる甚大な被害を受け、自然災害のリスクが高いことを露呈してきた。しかし、このような災害時において、沿岸部に分布するマングローブ林が重要な役割を担っていることが確認されている。そこで次項では、世界とインド国内のマングローブ林の分布と、その多面的な機能について解説する。

---

<sup>5</sup> <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h17/bousai2005/html/honmon/hm140102.htm> を参照。

<sup>6</sup> <https://india.mongabay.com/2019/12/commentary-cyclone-bulbul-in-the-indian-sundarbans-another-lesson-on-deltaic-vulnerability-and-resilience/> を参照。

<sup>7</sup> <https://www.afpbb.com/articles/-/3254067?pid=21834767> を参照。

<sup>8</sup> <https://www.asahi.com/articles/ASM555STYM55UHBI00Z.html> を参照。

<sup>9</sup> <https://reliefweb.int/report/india/orissa-super-cyclone-situation-report-9> を参照。

## 2. マングローブ林～分布と多面的機能～

### 1) マングローブ林の分布

マングローブとは、熱帯・亜熱帯地域の淡水と海水の混ざり合う汽水域に生育している植物の総称である。その種数は、未確定ながら約 110 以上あると言われ、土壌、塩分濃度、気温、冠水時間などの環境条件の違いによって種の分布、組成が異なっている。マングローブ林は、世界計 123 の国または地域に分布しており、総面積は約 1,523.62 万 ha、世界の熱帯雨林の約 1%、森林総面積の約 0.4%を占めている<sup>10</sup>。日本国内では、鹿児島県（九州の南端）を北限とし、種子島、屋久島及び奄美大島の鹿児島県と、沖縄島、宮古島、石垣島及び西表島の沖縄県にのみ分布している。図表 1 では、世界のマングローブ林の分布を緑色で示す。

図表 1：世界のマングローブ林分布図



出所：NASA Earth Observatory ウェブサイト「Mapping Mangroves by Satellite」より引用

またマングローブ林の面積を地域別に見てみると、東南アジアの面積が最も大きく 510.49 万 ha で、世界全体の約 3 分の 1 (33.5%) を占めている。次に、南アメリカ (15.7%)、北アメリカ及び中央アメリカ (14.7%)、西アフリカ及び中央アフリカ (13.2%) の順に続く。インドを含む南アジアには 103.44 万 ha のマングローブ林が分布し、世界全体の約 6.8% を占めている<sup>11</sup> (図表 2)。

図表 2：地域別マングローブ林面積 (2010 年)

No.	地域	面積 (万 ha)	総面積における割合 (%)
1	東南アジア	510.49	33.5
2	南アメリカ	238.83	15.7
3	北アメリカ及び中央アメリカ	224.02	14.7
4	西アフリカ及び中央アフリカ	200.40	13.2

<sup>10</sup> [http://www.mangrove.or.jp/img/sub\\_index/brochure\\_jpn.pdf](http://www.mangrove.or.jp/img/sub_index/brochure_jpn.pdf) を参照。

<sup>11</sup> ITTO 資料「World Atlas of Mangroves」に掲載されている数値を参照。

No.	地域	面積 (万 ha)	総面積における割合 (%)
5	南アジア (インドを含む)	103.44	6.8
6	オーストラリア及びニュージーランド	101.71	6.7
7	東アフリカ及びアフリカ南部	79.17	5.2
8	大洋州	57.17	3.8
9	中東	6.24	0.4
10	東アジア	2.15	0.1
合計		1,523.62	100

出所：ITTO 資料「World Atlas of Mangroves」を基に筆者作成

インド国内のマングローブ林は、海岸線を有する 9 州及び 3 連邦直轄領内に分布し、その面積は、国土の約 0.15%に相当する 49.75 万 ha (世界のマングローブ林総面積の約 3.3%相当<sup>12)</sup>である<sup>13)</sup> (図表 3)。また、西ベンガル州とグジャラート州のマングローブ林面積が特出しており、この 2 州だけで、インド国内のマングローブ林全体の約 3 分の 2 (約 66%) が集中していることが分かる。

図表 3：インド国内の州別マングローブ林面積 (2019 年)

No.	州または連邦直轄領	マングローブ林面積 (万 ha) <sup>14)</sup>				総面積 における割合 (%)
		高密度林	中密度林	疎開林	合計	
1	西ベンガル州	9.96	6.92	4.24	21.12	42.45
2	グジャラート州	0	1.69	10.08	11.77	23.66
3	アンダマン・ニコバル諸島連邦直轄領	3.98	1.69	0.49	6.16	12.38
4	アンドラ・プラデッシュ州	0	2.13	1.91	4.04	8.12
5	マハラシュトラ州	0	0.88	2.32	3.2	6.43
6	オディシヤ州	0.81	0.94	0.76	2.51	5.05
7	タミル・ナドゥ州	0.01	0.27	0.17	0.45	0.90
8	ゴア州	0	0.2	0.06	0.26	0.52
9	カルナータカ州	0	0.02	0.08	0.1	0.20
10	ケララ州	0	0.05	0.04	0.09	0.18
11	ダマン・ディウ連邦直轄領	0	0	0.03	0.03	0.06
12	プドゥチェリ連邦直轄領	0	0	0.02	0.02	0.04
合計		14.76	14.79	20.2	49.75	100.0

約 66%

出所：India State of Forest Report 2019 を基に筆者作成

## 2) マングローブ林の多面的機能

マングローブ林は、限られた地域にのみ分布しており、またその役割は多岐に渡っている。本項では、そのうちの主要な 4 つの機能について、それぞれ解説する。

第一に、マングローブ林は、高波や強風の影響を受けやすい沿岸部を保護し、また浸食さ

<sup>12)</sup> 図表 3 で示した 2019 年インド総面積 (49.75 万 ha) を、図表 2 で示した 2010 年世界総面積 (1,523.62 万 ha) で割って算出した目安の割合。

<sup>13)</sup> MOEFCC 傘下のインド森林測量所 (FSI) が公表した調査結果 (India State of Forest Report 2019) を参照。

<sup>14)</sup> FSI では、森林を高密度林 (70%以上の被覆率)、中密度林 (40~70%の被覆率)、疎開林 (10~40%の被覆率) に区分している。本稿で記載したマングローブ林に関する各表においても、高密度林を被覆率 70%以上、中密林を同 40~70%、疎開林を同 10~40%のマングローブ林として定義した。

れやすい干潟を安定させるために重要である。マングローブ林は、防波堤または防風林として、津波や高波、熱帯低気圧による陸域への影響を緩和させることができると言われている。例えば、上述した「オディンシャサイクロン」上陸時の海岸線から同等の距離（約 12km）に位置する 3 つの村落における被災状況を比較検証した既往調査によると、マングローブ林にも人工堤防にも囲まれていない村（村落 A）、人工堤防に囲まれている村（村落 B）、マングローブ林に囲まれている村（村落 C）の被災状況を比較した結果、村落 C の被害（家屋や樹木への被害、構内浸水、耕作地への被害など）が最も少なかったことが明らかになった。また村落 B では、越水した水が引いていく流れを人工堤防が遮ったため、村落内の浸水被害が増大した可能性も併せて示唆された。またマングローブ林は、土砂の堆積、干潟の安定化を進行させることができることから、マングローブ林の造成は、高波や強風により浸食が発生した沿岸部を回復させるための有効な手段でもある。

第二に、マングローブ林は固有の生態系を形成しており、生態系保全の観点からも重要な役割を担っている。空気中に露出したマングローブの根（気根）は複雑な形状をしており、多くの魚介類にとって、外敵から身を守るための絶好のすみかとなっているほか、マングローブが供する有機物を摂食する底生生物、プランクトンなどの生物相が豊かである。また水面上では、マングローブの葉や実を求めて、多くの鳥や動物がやって来るなど、特徴的な生態系を形成している。このようにマングローブ生態系は、多くの動物と植物の共生関係を育んでいることから、汽水域の「生命のゆりかご」として例えられている。

第三に、マングローブ林は、現地住民の生計手段としても必要不可欠である。マングローブは、建築材や燃料材、木炭の材料として利用されるほか、葉の部分については、家畜の飼料、屋根葺き材料、たばこの巻紙としても利用されている。また、上述したマングローブ林固有の生態系を利用したエビの養殖も盛んに行われており、現地住民にとって貴重な収入源となっている。

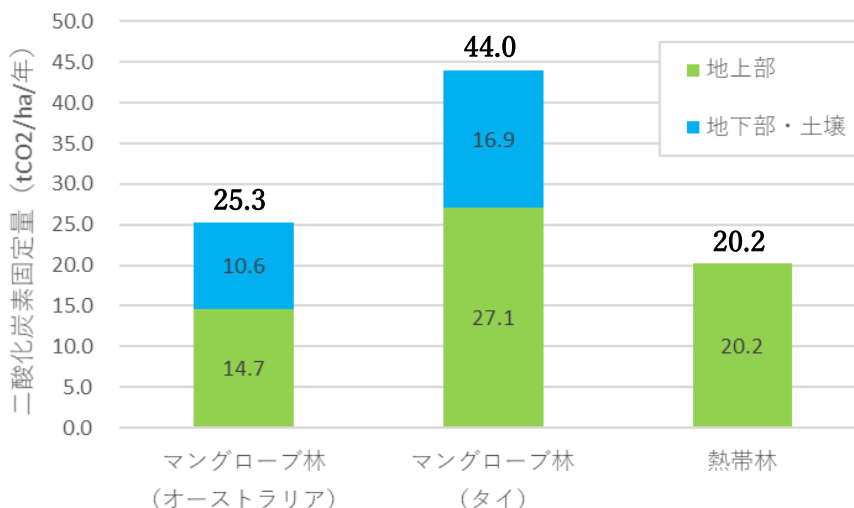
最後に、マングローブ林の生態系は、炭素の重要な貯蔵庫であることが知られており、大気中の二酸化炭素の固定、並びに土壌中への炭素蓄積などを介して、熱帯沿岸域の炭素循環において重要な役割を担っている。例えば、オーストラリアとタイのマングローブ林を対象とした既往調査によると、マングローブ林と熱帯林の二酸化炭素固定能力を比較した結果、熱帯林（地上部のみ）の二酸化炭素固定能力は、熱帯林 1ha につき年間 20.2 トン（20.2 tCO<sub>2</sub>/ha/年）であるのに対し、オーストラリアとタイのマングローブ林（地上部と地下部・土壌の合計）の二酸化炭素固定能力はそれを上回る 25.3 tCO<sub>2</sub>/ha/年、44 tCO<sub>2</sub>/ha/年とそれぞれ推定され、非常に高いことが判明した<sup>15</sup>（図表 4）。これは、マングローブ林が嫌気的環境にあり、炭素の分解に必要とされる酸素が充分でないため、有機物の分解が抑えられ、炭素が溜まる条件を有しているためである。また同調査によると、両国のマングローブ林の土壌中には、22,000 tCO<sub>2</sub>/ha、4,400 tCO<sub>2</sub>/ha の二酸化炭素がそれぞれ蓄積されていることも併せて確認された<sup>16</sup>。

---

<sup>15</sup> [https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2000/t\\_9.html](https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2000/t_9.html) を参照。

<sup>16</sup> 同上

図表 4：マングローブ林と熱帯林の二酸化炭素固定能力の比較



出所：関西電力ウェブページより引用したデータを換算して筆者作成

以上、本項では、世界及びインド国内のマングローブ林の分布を概観し、マングローブが有する多面的機能について確認した。これらマングローブ林が失われると、津波やサイクロンなどの自然災害に対する脆弱性が高まり、またマングローブ林特有の生態系が破壊されるだけでなく、周辺住民の生計手段にも大きな影響を及ぼす可能性があることから、マングローブ林を造成し、その多面的機能が失われないように保全していくことが重要である。次項では、インドにおける気候変動対策を目的とした施策、並びにインド森林セクターに対する日本の協力支援について概観する。

### 3. インドの気候変動対策とマングローブ林

インドは広大な国土に様々な気候帯が存在し、気象条件などの違いから、熱帯雨林、亜熱帯林、温帯林、マングローブ林、サバンナ林などの多様な森林タイプが見られる。インドにおける森林面積は、1990年代まで継続的に減少していたものの、植林に代表される森林保全活動の実施により徐々に増加傾向に転じ、2019年時点の森林被覆率は国土の21.7%となっている<sup>17</sup>。他方、違法伐採や過剰採取等により、森林劣化の状況は改善されておらず、同年の森林面積に占める疎林率は42.8%に上っている<sup>18</sup>。森林の劣化は、森林に依存する多くの人々の生活を脅かすと同時に、森林が本来有する多面的機能を低下させることから、同国においても、森林の適切な造成及び保全活動が引き続き求められている。

かかる状況において、インド森林セクターでは、現在までに様々な政策や具体的な施策を整備し、また多くの国際プログラムに参加するなど、気候変動対策に広く取り組んでいる。例えば、環境森林気候変動省（Ministry of Environment, Forest and Climate Change (MOEFCC)）が実施する、森林地の増加を目的とした全国的な施策として「National

<sup>17</sup> <http://fsi.nic.in/isfr19/vol1/executive-summary.pdf> を参照。

<sup>18</sup> MOEFCC 傘下の FSI では、森林を高密度林（70%以上の被覆率）、中密度林（40～70%の被覆率）、疎開林（10～40%の被覆率）に区分しており、このうち疎開林の全体（これら3区分）の合計に対する割合を、疎林率として表した。

Afforestation Programme (NAP)」、「Green India Mission (GIM)」、「Forest Fires Prevention and Management (FFPM)」、「Compensatory Afforestation Fund Management and Planning Authority (CAMPA)」など、多数存在する。本項では、インドの気候変動対策に関する取り組みの中でも、MOEFCC が現在実施している CAMPA 及び GIM、並びに同国が参加する国際プログラム「Bonn Challenge」について概観する。加えて、パリ協定に提出された約束草案において報告された、沿岸地域を対象としたプログラムや政策・施策を中心に概観する（図表 5）。さらに、インド森林セクターにおける日本の協力実績並びに現況についても併せて確認する。

図表 5：本稿で取り上げたインドの気候変動対策に関する主な取り組み

種別	名称	支援機関	主な内容（目標）
1) 気候変動対策への全国的な取り組み	Compensatory Afforestation Fund Management and Planning Authority (CAMPA)	-	・森林以外への土地の転換は、森林減少・劣化、生物多様性の喪失、野生生物や自然環境への負の影響を引き起こすことから、当事者に対して、転換した土地と同等の面積の植林の実施を課す制度。
	Bonn Challenge	IUCN	・世界全体で 2020 年までに 1.5 億 ha、2030 年までに 3.5 億 ha の森林減少または劣化地を再生させる（インドは、2020 年までに 1,300 万 ha、また 2030 年までに追加の 800 万 ha の土地の再生）。 ・2011 年の開始以降、政府機関が中心となり、980 万 ha の土地を再生。
	Green India Mission (GIM)	-	・(1) 10 年間で 500 万 ha の森林面積の拡大、並びに 500 万 ha の森林の質の改善(合計 1,000 万 ha)、(2) 1,000 万 ha の生物多様性保全・流域保全、(3) 森林周辺住民約 300 万世帯の生計向上、(4) 2020 年までに 5～6,000 万トンの年間炭素隔離（二酸化炭素で約 18,333～22,000 万トン）の促進等。
2) マングローブ林を含む沿岸域を対象とした活動	Mangrove for the Future (MFF)	IUCN、UNDP	・沿岸域及び海洋生態系管理改善に係る全国的な政策の策定に必要な科学的知見の蓄積・向上。 ・沿岸域及び海洋生態系管理改善に係る全国的な政策の策定に必要な科学的知見の蓄積・向上であり、具体的には、沿岸域及び海洋生態系、特にマングローブとサンゴ礁の基礎データベースの構築や地元住民への啓蒙活動。沿岸域のコミュニティにおける環境に適合した持続可能な生計手段の確保や、有効な政策決定や計画策定のための住民参加型の気候変動や自然災害に対する回復力の構築。 ・西ベンガル州とグジャラート州、オディシャ州、アンドラ・プラデシュ州、タミル・ナドゥ州を優先対象。
	Integrated Coastal Zone Management (ICZM)	世界銀行	・2006 年国家環境政策（2006 National Environmental Policy）など各種法令・政策を遵守した上で、総合的海岸管理による沿岸域及び海洋生態系の保護・保全。 ・(1) ハザードラインや海岸堆積物のマッ

種別	名称	支援機関	主な内容（目標）
			ピング、(2) 生態系的に脆弱な地区のマッピング、(3) MOEFCC 傘下の研究所として国立沿岸管理センター（NCSCM）の設置、(4) 関係機関職員的能力強化など。 ・グジャラート州、オディシヤ州、西ベンガル州を優先対象。
3) インド政府による沿岸部への施策	Coastal Regulation Zone Notification (CRZ)	-	・漁村や沿岸資源に依存する集落の生計手段の確保、沿岸域の保全並びに保護、科学的根拠に基づいた持続可能な方法での開発の促進、並びに経済成長の促進。

出所：各種資料を基に筆者作成

## 1) 気候変動対策への全国的な取り組み

冒頭で述べたとおりインドは、パリ協定において、2005年を基準に、2030年までにGDP当たりの温室効果ガス排出量を33～35%削減させることを自主目標に掲げており、気候変動対策への注力を続けている。インドでは、ダム建設や鉱業、開発活動などにより、森林を森林以外の土地へ転換する場合には、インド政府の認可が必要となる。このような森林から森林以外への土地の転換は、森林減少・劣化のほか、生物多様性の喪失、野生生物や自然環境への負の影響を引き起こすことから、当事者に対して、転換した土地と同等の面積の植林の実施を課す制度「Compensatory Afforestation Fund Management and Planning Authority (CAMPA) Act」が整備された。本施策を遂行するため、環境森林省（Ministry of Environment and Forests (MOEF)）(現 MOEFCC) 内、及び各州政府内に管轄部署 (National CAMPA または State CAMPA) がそれぞれ設置され、募った資金の管理や植林及びそのモニタリング活動の支援等を行っている。また、各州が管理・運用する資金に加えて、2019年には、MOEFCC から各州に対して、総額 4,743.6 億ルピー（約 7,210 億円<sup>19)</sup> の資金が支払われた。全国各地の植林活動を促進することで、約束草案で述べられた森林被覆率の改善、並びに炭素蓄積量の増加に寄与するものと期待されている。

インドはまた、現在、複数の国際的プログラムへのコミットメントを表明している。主要なものとして、世界全体で2020年までに1.5億ha、2030年までに3.5億haの森林減少または劣化地を再生させる地球規模の取り組みである Bonn Challenge プログラム<sup>20)</sup>が挙げられる。同プログラムにおいて、インドは2020年までに1,300万ha、また2030年までに追加の800万haの土地の再生をそれぞれ目標に掲げており、インドによる公約は世界最大である。2011年の開始以降、政府機関が中心となり、980万haの土地を再生させた<sup>21)</sup>。同プログラムの特徴として挙げられるのは、森林減少または劣化が発生した土地の生態系機能を再生し、人間の生活環境を継続的に向上させるために、「Forest Landscape Restoration (FLR)」アプローチを採用し、具体的には、森林減少または劣化地のほか周囲の景観も含めた「ランドスケープ」レベルの活動に取り組んでいる点である。また同プログラムでは、

<sup>19)</sup> 1ルピー=1.52円（外務省ウェブページを参照）を基に換算。以降、同じ。

<sup>20)</sup> 2011年9月にドイツのボンで開催された会合「Bonn Challenge」において、本文に記載した森林復元のための目標が設定された。Bonn Challenge は、国際自然保護連合 (IUCN) を事務局とする世界森林景観復元パートナーシップ「Global Partnership on Forest Landscape Restoration」の活動を発展させたものである。

<sup>21)</sup> <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2018-026-En.pdf> を参照。



政府のみならず、NGO や民間セクターによる再生が行われている点も特徴的である。「ランドスケープ」レベルの活動を重視する同プログラムでは、気候変動に対する緩和策並びに適応策、生物多様性保全、生計向上、持続的な開発など、分野横断的な効果が期待されている。

さらにインド政府は、2008年に公布された国家気候変動行動計画「National Action Plan on Climate Change (NAPCC)」の下、「Green India Mission (GIM)」を2014年に策定した<sup>22</sup>。GIMは、インド国内の森林被覆減少の抑制、及びその質の向上を図り、また緩和策と適応策の両輪で気候変動対策を実施することを目指し、(1) 10年間で500万haの森林面積の拡大、並びに500万haの森林の質の改善(合計1,000万ha)、(2) 1,000万haの生物多様性保全・流域保全、(3) 森林周辺住民約300万世帯の生計向上、(4) 2020年までに5,000~6,000万トンの年間炭素隔離(二酸化炭素換算隔離で年間約1億8,333~2億2,000トン)の促進等为目标に掲げている。特に第二の目標に関しては、マングローブ林を造成及び保全し、そのコベネフィットとなる炭素隔離を促進することにも注力している。併せて、住民参加型森林管理の体制である共同森林管理委員会の能力強化及び住民組織と行政の協力による適切な森林管理体制構築を図ることとしている。

このように、インド森林セクターでは、パリ協定において掲げた自主目標達成に向け、国内の政策及び具体的な施策を整備し、Bonn Challenge等の国際的プログラムにも参加するなど、継続的に気候変動対策を進めていることを確認した。次に、インドの気候変動対策の中でも、マングローブ林を含む、沿岸域を対象とした2つの取り組みについてそれぞれ概観する。

## 2) マングローブ林を含む沿岸域を対象とした活動

長い海岸線を有するインドでは、マングローブ林を含む沿岸域を対象としたプログラムが実施されている。主要なものとして、国際自然保護連合(IUCN)が支援する「Mangrove for the Future (MFF)」プログラムは、2004年にインド洋で発生した津波の被害を教訓にして、二年後の2006年にIUCNと国連開発計画(UNDP)により立ち上げられた。インドもメンバー国の一つとして参加しており、同プログラムでは、国や州レベルの法令の策定に寄与しながら、持続的開発のための沿岸生態系保全を促進するための活動が行われている。MFFプログラムが最も注力しているのは、沿岸域及び海洋生態系管理改善に係る全国的な政策の策定に必要な科学的知見の蓄積・向上であり、具体的には、沿岸域及び海洋生態系、特にマングローブとサンゴ礁の基礎データベースの構築や地元住民への啓蒙活動が実施されている。またMFFプログラムは、沿岸域のコミュニティにおける環境に適合した持続可能な生計手段の確保や、有効な政策決定や計画策定のための住民参加型の気候変動対策や自然災害に対するレジリエンスの構築を促進している。インド国内では、マングローブ林面積により西ベンガル州とグジャラート州が、生物多様性の豊富度によりオディシヤ州と西ベンガル州が、また津波で被災したマングローブ林の有無でアンドラ・プラデシュ州とタミ

---

<sup>22</sup> 同計画の下で計8つのミッションが策定され、Green India Missionのほか、National Solar Mission、National Mission for Enhanced Energy Mission、National Mission on Sustainable Habitat、National Water Mission、National Mission for Sustaining the Himalayan Ecosystem、National Mission for Sustainable Agriculture、National Mission on Strategic Knowledge for Climate Changeが含まれる。

ル・ナドゥ州が優先対象地域に選定された。MFF プログラムでは、沿岸生態系全体を対象としているが、中でもマングローブは、同プログラムにおいて最も重要な植生タイプとして指定されている。

またインドでは、世界銀行の支援を受け、「Integrated Coastal Zone Management (ICZM)」プロジェクトが実施された。2010 年に開始された ICZM プロジェクト（フェーズ 1）は、総額 1,680.1 千万ルピー（約 255 億円）を投入して、2018 年までの約 8 年間、2006 年国家環境政策「2006 National Environmental Policy」など各種法令・政策を遵守した上で、総合的海岸管理による沿岸域及び海洋生態系の保護・保全に取り組んできた。全国レベルでは、MOEFCC 傘下の組織である Society of Integrated Coastal Management (SICOM) が実施機関となり、主に、(1) ハザードラインや海岸堆積物のマッピング、(2) 生態系的に脆弱な地区のマッピング、(3) MOEFCC 傘下の研究所として国立沿岸管理センター (NCSCM) の設置、(4) 関係機関職員の能力強化などの活動を実施した。また州レベルでは、対象 3 州（グジャラート州、オディシャ州、西ベンガル州）政府内に設置された実施ユニットが実施機関となり、(1) 対象沿岸域の ICZM 計画の準備、(2) 全国レベルの実施方針への適応を可能とする実施機関の組織強化、(3) マングローブ植林を含む生態系保全、汚染管理、地元住民の生計向上、気候変動への適応に係るパイロット活動などを実施した。また、同フェーズ 1 の成果を踏まえ、対象地域を 3 州から 13 州へ拡大して<sup>23</sup>、また約 2.4 倍の予算（約 608 億円）を投入して、ICZM プロジェクト（フェーズ 2）が実施される予定である。

その他、約束草案には記載されていないものの、インド国内の一部地域では、地球環境ファシリティ (GEF) 等の支援を受けた、マングローブ林を含む沿岸生態系を対象とした小規模のプロジェクトが複数実施されており、マングローブの造林及び保全に寄与している。

### 3) インド政府による沿岸部への施策

インド政府は、津波やサイクロンなどによる被害を受けやすい沿岸部を保護または保全するための施策を実施しており、その代表的なものとして、Coastal Regulation Zone (CRZ) があり、これまで 1991 年、2011 年、2018 年に 3 度、CRZ に係る Notification が発行された。第一に、沿岸部の持続的利用を実現するため、1991 年に MOEF (現 MOEFCC) により CRZ Notification 1991 (CRZ 1991) が初めて発行された。CRZ とは、高潮海岸線から 500m 以内の土地、及び潮汐変化の影響を受ける河川等から 100m 以内の土地を指し、土地利用や周辺環境に対する脆弱性に応じて大きく 4 つのゾーン (CRZ-I、CRZ-II、CRZ-III、CRZ-IV) に区分された。1991 年以降、CRZ 1991 は修正が加えられ、2011 年には、漁村や沿岸資源に依存する集落の生計手段の確保、沿岸域の保全並びに保護、科学的根拠に基づいた持続可能な方法での開発の促進を目指す CRZ Notification 2011 (CRZ 2011) が、MOEFCC から発行されたほか、島嶼地域の保護を目的とした Island Protection Zone Notification (IPZ 2011) も併せて発行された。更に、2018 年には、CRZ 2011 に対する各州や連邦直轄領政府、利害関係者からの見解も踏まえ見直しが行われた CRZ Notification 2018 (CRZ 2018)

---

<sup>23</sup> 第 2 フェーズでは、第 1 フェーズの対象 3 州に加え、マハラシュトラ州、アンドラ・プラデシュ州、タミル・ナドゥ州、ゴア州、プディチェリ州、ケララ州、カルナータカ州、ダマン・デヴィ連邦直轄領、アンドマン・ニコバル諸島連邦直轄領、ラクシャドウィープ連邦直轄領が対象に選定された。

が、MOEFCC から発行された。CRZ 2018 では、CRZ 2011 と同様の目標が継続されている一方で、エコツーリズムなど新しい産業の促進や、建物の容積率等の規制緩和、開発不可地域（No Development Zone (NDZ)）内での開発に対する許可など、当初目的であった人口増加や経済活動による影響を規制し、希少な生態系を保全することに加えて、国内の食糧安全保障に鑑みて、経済成長の促進を考慮した施策へとシフトしている。CRZ 2011、CRZ 2018 の主な特徴を、図表 6 に示す。また、CRZ 2011 から CRZ 2018 への主な変更点については、下線を引いて記す。

図表 6：CRZ 2011 及び CRZ 2018 の特徴と主な変更点

CRZ 2011 Notification		CRZ 2018 Notification	
区分	主な特徴	区分	主な変更点（下線）
CRZ-I	生態学的に敏感かつ重要な土地（マングローブ等）、または潮間帯。	CRZ-I A	生態学的に敏感かつ重要な土地。 <u>（但し、エコツーリズム等は対象外。）</u>
		CRZ-I B	潮間帯。
CRZ-II	海岸線沿いまたはその近くで開発された土地。「開発された土地」とは、必要な公共インフラが一定以上整備されている都市部と見なされる範囲内の土地を指す。）	CRZ-II	海岸線沿いまたはその近くで開発された土地。「開発された土地」とは、必要な公共インフラが一定以上整備されている都市部と見なされる範囲内の土地を指す。） <u>構造物の容積率が、CRZ 2011 よりも緩和された。</u>
CRZ-III	CRZ-I にも CRZ-II にも属さない、比較的開発が進んでいない農村部、または都市部に含まれるが、公共インフラが整備されていない土地。但し、高潮時の海岸線から内陸方向へ 200m の土地は、NDZ とする。	CRZ-III A	CRZ-I、CRZ-II に属さない、比較的開発が進んでいない土地で、 <u>2011 年国勢調査において人口密度が 2,161 人/km<sup>2</sup>以上の土地。但し、高潮時の海岸線から内陸方向へ 50m の土地は、NDZ とする。（NDZ 内の一時的なエコツーリズム等は対象外。）</u>
		CRZ-III B	CRZ-I、CRZ-II に属さない、比較的開発が進んでいない土地で、 <u>2011 年国勢調査において人口密度が 2,161 人/km<sup>2</sup>未満の土地。但し、高潮時の海岸線から内陸方向へ 200m の土地は、NDZ とする。（NDZ 内の一時的なエコツーリズム等は対象外。）</u>
CRZ-IV	引き潮時の海岸線から沖合方向へ 12 海里、または潮汐の変化の影響を受ける水域。	CRZ-IV A	引き潮時の海岸線から沖合方向へ 12 海里の水域。
		CRZ-IV B	潮汐の変化の影響を受ける水域。

出所：各種資料を基に筆者作成

#### 4) 森林セクターにおけるインドと日本の国際協力

インドの森林・林業分野に対する日本の協力は、継続的に行われている。国際協力機構（JICA）はインド森林セクターに対する最大ドナーであり、1991 年以降、MOEFCC 及び 14 州に対して、円借款 26 件（総額 2,577 億円）、技術協力 2 件が実施されてきた<sup>24</sup>。JICA は特に、持続可能な森林管理、生態系保全、気候変動対策、防災対策を重点課題に掲げ、また、日本の知見や技術を積極的に取り入れながら支援を実施している点も特徴として挙げられる。

またインドと日本は、2015 年に、気候変動に対する森林の役割及び自然災害に対する森

<sup>24</sup> [https://www.jica.go.jp/india/office/others/ku57pq00002wb9a-att/outline\\_201808.pdf](https://www.jica.go.jp/india/office/others/ku57pq00002wb9a-att/outline_201808.pdf) を参照。

林の防災力の発揮といった地球規模の環境問題へ対応するため、日本国農林水産省と MOEFCC により、森林及び林業分野の協力に関する覚書を交わした。同覚書に基づき、「人材育成と研修機関同士の交流」、「持続可能な森林経営」、「森林保全と山地災害防止」、「生物多様性の保全」、「森林資源の有効利用」、「森林及び林業政策に関する情報共有、技術交流」、「林業セクターの研究開発」分野における両国間の協力関係を強化するため、5年間の協力量 roadmap（以降、5年毎に更新）を策定した。

さらに 2018 年には、日本国環境省と MOEFCC は、環境協力分野での協力量覚書に署名した。これにより、同年から 5 年間、定期的なセミナーやワークショップ、環境管理及び人材育成に関する交換プログラムなどを通じて、環境分野における両国の協力を推進することとなった。具体的な協力分野として、汚染管理や廃棄物管理、環境技術、排水処理など都市環境に係る課題のほか、沿岸及び海洋生態系、気候変動、生物多様性保全及びその持続的利用など、森林セクターとも深く関係する課題も含まれており、本稿で取り上げたマングローブ林の造成や保全も協力対象の一部に含まれるものと言えるだろう。

このようにインドは、気候変動に対して非常に脆弱な一面を有することから、国内の政策及び施策を整備し、国際的なプロジェクトにも複数参加して、気候変動対策に尽力している。また日本は、長きにわたりインドとの協力関係を維持しており、森林セクターでは多くの事業が実施され、必要な技術支援が行われてきただけでなく、今後より一層緊密になっていくものと予想される。次項では、各種支援の取り組み成果の一部を掘り下げるため、グジャラート州のマングローブ植林活動の事例について紹介する。

#### 4. グジャラート州におけるマングローブ林（ケーススタディ）

##### 1) マングローブ林概況

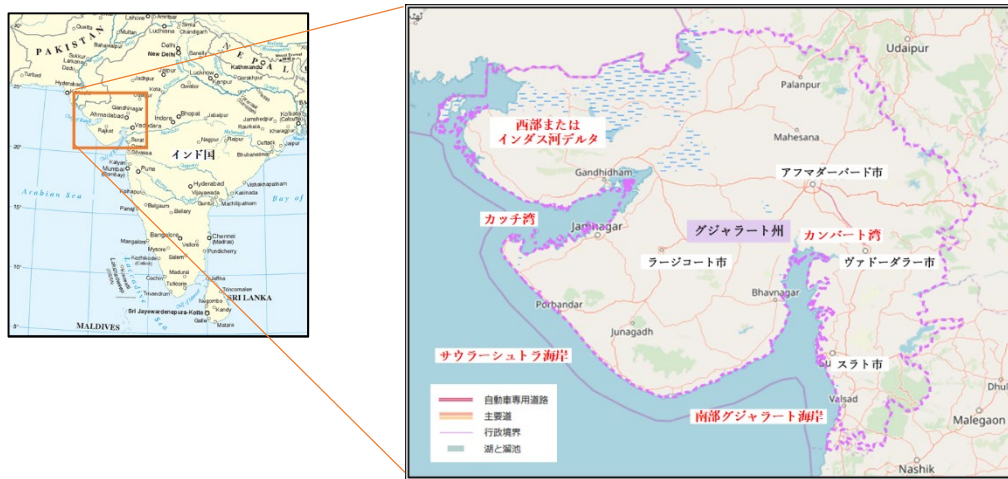
グジャラート州は、インド北西部に位置する州で、北西を隣国パキスタン、北東をラジャスターン州、南をマハラシュトラ州と接し、面積は約 1,960 万 ha（インド総面積の約 6%）である。またグジャラート州は、南西部がアラビア海に面しており、海岸線の総延長は 1,650km 以上（マングローブ林が広がる国内全 9 州の中で最長）にも及んでいる。また、グジャラート州の海岸線は、他州の海岸線と比べて、傾斜が緩やかで、かつ潮差が大きいことが特徴として挙げられる。特に同州内のカンバート湾では最大 12m の潮差が記録され、潮間帯が大きいことを示唆している。このような地形的特徴や海浜の形成過程、湾に注ぐ河川の流量の違いにより多様な海岸線が存在し、その特徴から大きく 5 つの地域へ区分される<sup>25</sup>（図表 7）。

グジャラート州の多様な海岸線には、多くのマングローブ林が分布している。同州のマングローブ林が集中する地域には、生態系保全の重点地域「Critical Vulnerable Coastal Areas

---

<sup>25</sup> 西部またはインダス河デルタ（Western or Indus-Delta）、カッチ湾（Gulf of Kachchh）、サウラーシュトラ海岸（The Saurashtra Coast）、カンバート湾（Gulf of Khambhat）、南部グジャラート海岸（The South Gujarat Coast）の 5 地域。

図表 7：グジャラート州位置図



出所：JICA グジャラート州生態系再生事業補完準備調査の図を加工・転用<sup>26</sup>

(CVCA)<sup>27</sup>に認定されているカッチ湾やカンバート湾も含まれ、2019年現在、西ベンガル州に次ぐ全国2番目のマングローブ林の面積(国全体の約23.7%に相当する11.77万ha)を有している<sup>28</sup>。また、グジャラート州のマングローブ林面積は、これまで増加傾向にあり、2003年には9.16万haであったが、2019年までに11.77万ha(2003年時の面積の約1.3倍)まで増加した(図表8)。

図表 8：マングローブ林面積の変化 (2003年、2011年、2019年)

No.	州または連邦直轄領	マングローブ林面積 (万 ha)		
		2003	2011	2019
1	西ベンガル州	21.20	21.55	21.12
<b>2</b>	<b>グジャラート州</b>	<b>9.16</b>	<b>10.58</b>	<b>11.77</b>
3	アンドマン・ニコバル諸島連邦直轄領	6.58	6.17	6.16
4	アンドラ・プラデッシュ州	3.29	3.52	4.04
5	マハラシュトラ州	1.58	1.86	3.2
6	オディシャ州	2.03	2.22	2.51
7	タミル・ナドゥ州	0.35	0.39	0.45
8	ゴア州	0.16	0.22	0.26
9	カルナータカ州	0.03	0.03	0.1
10	ケララ州	0.08	0.06	0.09
11	ダマン・ディウ連邦直轄領	0.01	0.02	0.03
12	プドゥチェリ連邦直轄領	0.01	0.01	0.02
合計		44.48	46.63	49.75

出所：India State of Forest Report 2017、2019 を基に筆者作成

また、2003年から2019年までの期間を二分割したマングローブ林の面積推移を図表9

<sup>26</sup> 本図は、国連地図並びにオープンソースデータを基に作成。境界線や地名など本図に記載されている内容は全て本稿用に任意で作成されたもので、公式に承認を受けたものではない。

<sup>27</sup> CVCA内では、Coastal Zone Management Planの作成ガイドラインに従い、マングローブ林の保全や管理状況、現地コミュニティ内のニーズを記したIntegrated Management Plansの作成が求められる。

<sup>28</sup> India State of Forest Report 2019を参照。

に示す。同表から、グジャラート州の mangrove 林面積は、上記期間内に 2.61 万 ha 増加しており、他州または連邦直轄領の中で最も増加していることが見て取れる。前項で確認した MFF ( mangrove 林造成含む、州内計 5 件のプロジェクト) や ICZM (州内 1.65 万 ha の mangrove 林造成) の成果も、この近年の増加傾向に寄与していると考えられる。また、第 2 項で示した図表 3 によると、グジャラート州では密度の低い mangrove 林 (疎開林) が総面積の 85.64% を占めていることから、他州または連邦直轄領と比べ、若齢の mangrove 林が多く、またその面積が増加していることも推察される。

図表 9： mangrove 林面積の変化 (2003 年～2019 年)

No.	州または連邦直轄領	mangrove 林面積変化 (万 ha)		
		2003-2011	2011-2019	合計
1	グジャラート州	1.42	1.19	2.61
2	マハラシュトラ州	0.28	1.34	1.62
3	アンドラ・プラデッシュ州	0.23	0.52	0.75
4	オディシャ州	0.19	0.29	0.48
5	タミル・ナドゥ州	0.04	0.06	0.1
6	ゴア州	0.06	0.04	0.1
7	カルナータカ州	0	0.07	0.07
8	ダマン・ディウ連邦直轄領	0.01	0.01	0.02
9	ケララ州	-0.02	0.03	0.01
10	プドゥチェリ連邦直轄領	0	0.01	0.01
11	西ベンガル州	0.35	-0.43	-0.08
12	アンダマン・ニコバル諸島連邦直轄領	-0.41	-0.01	-0.42
合計		2.15	3.12	5.27

出所：India State of Forest Report 2017、2019 を基に筆者作成

2006 年度の衛星画像を基にした既往調査によると、グジャラート州内には、 mangrove 植林が実施可能である土地が 10 万 ha 以上<sup>29</sup>、また 1998 年度に行われた別の調査によると、約 64,000ha<sup>30</sup>が残されているとも推定されており、今後も多くの mangrove 林が造成されることが期待される。一方、同州では沿岸地域の急激な人口増加並びに経済成長、 mangrove 林の用途変化、不明瞭な規制や人手不足、不十分な再生技術などの理由から mangrove 林の劣化が進行しており、 mangrove 林保全の必要性がますます高まっている。このような状況を踏まえた上で、次項では、グジャラート州における日本の協力、または民間企業の支援による実施された mangrove 植林の事例について紹介する。

## 2) 日本または民間企業による mangrove 植林への協力支援

日本は、グジャラート州の mangrove 植林活動を長らく支援してきている。主要なものとしては、広大な mangrove 林を有するグジャラート州において、自然災害にも強く、海岸侵食を防ぐ役割を担う mangrove 林の再生を図るため、 mangrove を植林の対象樹種に組み入れた「グジャラート州森林開発計画 (フェーズ 2)」が実施された。さらに JICA は、2020 年 3 月、同州における mangrove 林及び防風林の造成を目的の一つとした新規事業「グジャラート州生態系再生事業」の円借款貸付契約に調印した。同事業で計画されて

<sup>29</sup> Gujarat Ecology Commission (GEC) が公表した調査結果を参照。

<sup>30</sup> GEER Foundation が公表した調査結果を参照。

いるマングローブ林の造成の結果、生態系サービスの機能回復、さらには同州の社会経済課題の解決に寄与するものとして期待されている。

またグジャラート州では、民間企業の CSR<sup>31</sup>活動の一環として、マングローブ林の造成が行われている事例を、各種情報から確認することができた。その結果、地元 NGO や現地コミュニティを巻き込んで活動している点も特徴として挙げられ、そのため、マングローブ林面積の増加だけでなく、防波堤または防風林として現地コミュニティ内の生活空間の保護、農地の塩害予防、生計手段の創出等にも貢献している可能性を示唆していると考えられる。このような民間企業の CSR 活動の一環としてのマングローブ植林活動を助長し得る背景の一つとして、2013 年に施行された会社法 (India Company Act) の存在が考えられる。同会社法では、(1) 純資産 50 億ルピー (約 76 億円) 以上、(2) 総売上高 100 億ルピー (約 152 億円) 以上、または (3) 純利益 5,000 万ルピー (約 7,600 万円) 以上という要件のいずれかを満たすインド国内の全ての企業に対して、上場・非上場に関係なく、純利益 (直近 3 年の税前利益の平均額) の 2%以上を CSR 活動に支出することを、世界で初めて義務付けた。また同会社法では、CSR として認められる活動内容を定めており、活動は原則各社内ではなく、地域住民、あるいは国民一般に対して行われる必要があるほか、環境持続可能性の確保、生態系バランスの確保、動植物の保護、農林業の保護、天然資源の保全と土壌・大気・水質の維持などが活動対象に指定されており<sup>32</sup>、マングローブ植林もその対象に含まれると言える。本施策では、環境分野の取り組みに対して、全国で毎年約 2,200 億ルピー (約 3,344 億円) が投資されるものと推定されている<sup>33</sup>。

以上、グジャラート州では、マングローブ林の造成及び再生が長年実施されており、その結果、マングローブ林面積も増加傾向にあることを統計データにより確認した。またマングローブ林面積の増加には、ICZM や MFF などの国際プログラムのほか、日本の協力支援や現地民間企業の CSR 活動が寄与していることも併せて確認した。これは、マングローブ林の多面的機能を理解し、その有効性を活用しようとする取り組みの成果であると言えよう。このようなマングローブ林の保全活動は、持続的開発目標 (SDGs) 全 17 目標の中でも、特に「1 貧困をなくそう」、「13. 気候変動に具体的な対策を」、「14 海の豊かさを守ろう」、「15 陸の豊かさを守ろう」の達成に貢献できると考えられる。

## 5. 空間情報技術を活かした沿岸管理の可能性

第 2 項ではマングローブ林の多面的機能を概観し、既往調査の結果を参照して、マングローブ林に囲まれていない村落における過去の津波やサイクロンの被災状況が甚大であったことを確認した。これら経験から得られた教訓を基に、マングローブの植林は、面積の拡大といった量的な観点からだけでなく、防災・減災に資する土地の選定、並びに適切な種を選択など、マングローブ林が有する多面的機能が発揮されるように質的な観点からも考慮することもより一層必要になると思料する。特に、潮汐 (冠水条件) や土壌の質 (土壌条件)、海岸線や河川または村落からの距離、標高、沿岸浸食状況などの自然・地形条件の検討が、

---

<sup>31</sup> “Corporate Social Responsibility”の略で、「企業の社会的責任」の意。

<sup>32</sup> 梅野巨利 (2019)「インドにおける CSR 活動の新展開」を参照。

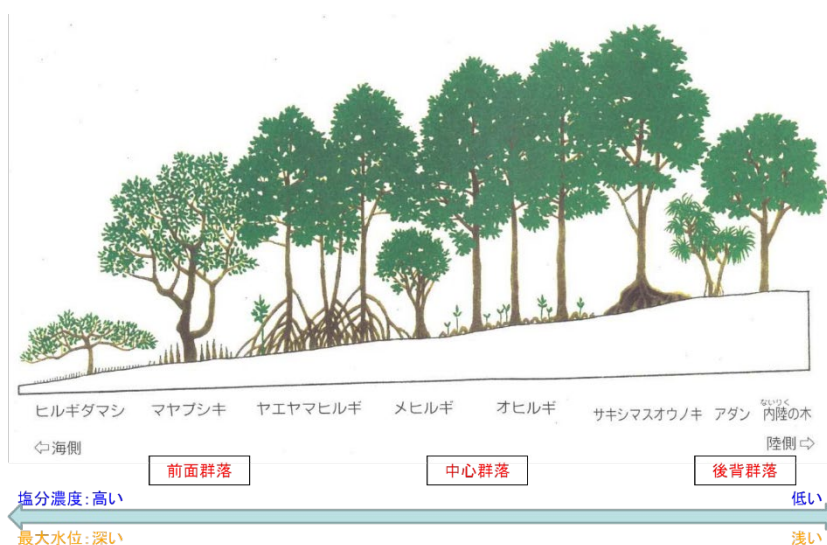
<sup>33</sup> インドが作成した、2030 年の温室効果ガス排出削減目標を示す「自国が決定する貢献案 (INDC)」文書による。

土地の選定、並びに種の選択において重要である。また、マングローブ林は地域における土地利用の変遷からの影響を受けつつも、そこに住む住民へ生計手段を提供しているため、地域包括的な対応が必要である。それには、地域の社会経済状況を検討に含めて、過去の実体験から得られた主観的な知見と、衛星画像や空中写真など定量的かつ客観的な広域の空間情報を組み合わせた植林適地の選定、植林可能樹種や植林方法の検討が有効と考えられる。

空間情報技術の中でも、特に衛星リモートセンシングとドローンは異なる特徴を有しており、有効に活用される場面がそれぞれ存在する。衛星画像は一度に大面積(数十 km 単位)の土地をカバーできるほか、マングローブ林は足場が悪く、現地調査が困難であるため、衛星画像を用いることにより効率的にデータを準備することができる。また、多時点のアーカイブデータと併用した時系列解析を行うことで、マングローブ林や沿岸侵食の経年変化を把握することも可能になる。一方ドローンは、搭載したカメラの撮影範囲は狭いものの、衛星画像よりも高い空間分解能を有しているため、分布面積や樹種の特徴など、マングローブ林の状態を上空から詳細に確認することができる。加えて、マングローブ林が分布する沿岸部は、モンスーンシーズンなど、時期によっては雲の多い日が続く、衛星画像からでは雲の下の状況を把握できないことから、地上付近の天候に左右されないドローンを用いることで、任意のタイミングでデータを準備することも可能になる。

前述したとおり、マングローブ植林においては、面積の拡大だけではなく、適切な植林樹種及び植林方法の選定も重要である。マングローブは、海水の塩分濃度、満潮時の最大水位などを基に、複数の群落に区分される(図表 10)。例えば、樹高は低い、海水の塩分に対する耐久性の高いヒルギダマシなどはマングローブの海側(前面群落)に、また海水の塩分に対する耐久性は低いもの、樹高が高く、防潮・防風樹になり得るメヒルギやオヒルギなどはマングローブの陸側(中心群落)に植えられる。これらの環境条件を考慮し、各樹種の特徴を組み合わせることで、マングローブ林の量及び質を向上させるとともに、その多面的機能をより一層効果的に発揮させることができる。このようなゾーニングにおいても、そのスケールに応じて、空間情報の利活用が期待できる。

図表 10：マングローブ林内のゾーニングイメージ例



出所：沖縄県「マングローブ植栽指針」より図を引用し(上段)、各種資料を基に筆者作成



上述した衛星リモートセンシング及びドローンの利活用については、日本政府が掲げる「SDGs アクションプラン 2020」内の SDGs 実施方針のうち、特に「科学技術イノベーション」等の取り組みと方向性が合致している。さらに、これら技術を活用した自然環境の保全は、「防災・気候変動対策」、「生物多様性、森林、海洋等の環境の保全」等の取り組みと方向性が合致していることから、本項で取り上げた沿岸管理に資する技術開発並びに利活用を後押しする機運は高まっていると言えるだろう。

## 6. おわりに

本稿では、世界及びインド国内のマングローブ林の分布とその多面的機能を概観し、インドの気候変動対策並びに日本のインドに対する協力支援について解説した。さらにグジャラート州を例に、マングローブの造林・保全活動について紹介した。上述の通り、マングローブ林は、防波堤または防風林として、現地コミュニティの生活環境を保護し、また農地への塩水侵入を防止するなど、生活インフラとしての機能を有するだけでなく、沿岸生態系の維持及び保全においても重要な役割を担っている。そして地元住民に対しては、建築材や燃料材、木炭の材料、葉の部分については、家畜の飼料、屋根葺き材料、たばこの巻紙など、さらにはエビの養殖などの生計手段を提供している。加えて、マングローブ林は、その潜在的に高い炭素隔離機能により、気候変動に寄与することも大いに期待されている。

CSR を重視したビジネスモデルが推奨されるようになった今日のインドでは、マングローブ植林を行う企業数、並びに植林面積が増加する可能性が考えられる。また、第4項で紹介したグジャラート州の新規事業では、実施機関である同州森林局が CSR 基金を設立し、資金を提供する民間企業との調整を図り、民間資金による植林を推進することを計画していることから<sup>34</sup>、将来、同州におけるマングローブ林面積が増加する可能性も予想される。そこで、マングローブ林の空間分布並びに状態をできるだけ正確かつ効率的にモニタリングを行う必要性が高まることから、衛星リモートセンシングやドローンなど空間情報技術が活用される場面も増えることが見込まれる。

今世紀、急速な経済成長を遂げ、その将来性が世界的な注目を集めている国、インド。都市部には近代的な高層ビルが立ち並び、道路や鉄道などの交通インフラが整備され、大きく変貌を遂げている。しかし沿岸部では、津波やサイクロンなどによる自然災害の危険にさらされた土地で、今もまだ森林資源に依存し、限られた生計手段によって日々の生活を営んでいる住民が数多くいることもまた事実である。長い海岸線を有するこの国のマングローブ林を保全することは、地元住民の生活と土地固有の生態系を守りつつ、日々刻々と深刻化する地球規模の気候変動への対策にも大いに貢献できるものと考えられる。

---

<sup>34</sup> [https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2019\\_ID-P289\\_1\\_s.pdf](https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2019_ID-P289_1_s.pdf) を参照。

## 主要参考文献

- 朝日新聞デジタル (2019) 「大型サイクロンで 49 人死亡 インドやバングラデシュ」  
<https://www.asahi.com/articles/ASM555STYM55UHBI00Z.html> (最終閲覧 2020 年 4 月)
- 井田篤雄 (2011) 「インドにおける森林・林業行政の特徴」 海外の森林と林業 No. 81 p. 19-23
- 梅野巨利 (2019) 「インドにおける CSR 活動の新展開」 大阪商業大学論集 第 15 巻 第 1 号 (通号 191・192 号合併号)
- 沖縄県 (2016) 「マングローブ植栽指針」  
[https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/kankyo/shizen/documents/mangurobu\\_syokusai\\_shishin.pdf](https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/kankyo/shizen/documents/mangurobu_syokusai_shishin.pdf) (最終閲覧 2020 年 5 月)
- 外務省 (2020) 「インド基礎データ」  
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/india/data.html> (最終閲覧 2020 年 7 月)
- 外務省 (2020) 「2020 年以降の枠組み：パリ協定」  
[https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w\\_000119.html](https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000119.html) (最終閲覧 2020 年 4 月)
- 環境省 (2018) 「日本国環境省とインド環境・森林・気候変動省の間の環境協力分野での協力覚書の署名について」  
<https://www.env.go.jp/press/106105.html> (最終閲覧 2020 年 5 月)
- 環境省 (2020) 「マングローブ分布図」  
<https://www.sizenken.biodic.go.jp/pc/live/camera/42/kanren/2/kanren.html> (最終閲覧 2020 年 4 月)
- 関西電力株式会社 (2000) 「マングローブ林は膨大な炭素を固定 (国際共同研究で確認)」  
[https://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2000/t\\_9.html](https://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2000/t_9.html) (最終閲覧 2020 年 4 月)
- グジャラート州森林局 (2020) 「Gujarat Forest Statistics 2017-18」  
<https://forests.gujarat.gov.in/writereaddata/images/pdf/GFS-2017-18-PCCF-20122018.pdf> (最終閲覧 2020 年 4 月)
- 国際協力機構 (JICA) (2018) 「対インド協力の現状」  
[https://www.jica.go.jp/india/office/others/ku57pq000020wb9a-att/outline\\_201808.pdf](https://www.jica.go.jp/india/office/others/ku57pq000020wb9a-att/outline_201808.pdf) (最終閲覧 2020 年 4 月)

国際協力機構（JICA）（2020）「インド向け円借款貸付契約の調印：街をつなぐ、村をつなぐ ～インドの持続的な発展、深刻な社会課題解決に向け、都市、村落部を重層的に支援～」  
[https://www.jica.go.jp/press/2019/20200330\\_31.html](https://www.jica.go.jp/press/2019/20200330_31.html)（最終閲覧 2020 年 4 月）

国際協力機構（JICA）（2020）「グジャラート州生態系再生事業 事業事前評価表」  
[https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2019\\_ID-P289\\_1\\_s.pdf](https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2019_ID-P289_1_s.pdf)（最終閲覧 2020 年 5 月）

国際協力機構（JICA）（2020）“Preparatory Study for Project for Ecosystem Restoration in Gujarat, Final Report Advanced Version”  
<https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/1000042664.pdf>（最終閲覧 2020 年 11 月）

国際航業株式会社（2020）「地理空間情報技術ミュージアム（MoGIST）」  
<http://mogist.kkc.co.jp/>（最終閲覧 2020 年 7 月）

国際自然保護連合（IUCN）（2018）「Bonn Challenge and India: Progress on Restoration Efforts across States and Landscapes」  
<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2018-026-En.pdf>（最終閲覧 2020 年 4 月）

国際自然保護連合（IUCN）（2020）「Mangroves for the Future (MFF)」  
<https://www.iucn.org/regions/asia/our-work/regional-projects/mangroves-future-mff>  
（最終閲覧 2020 年 4 月）

国際熱帯木材機関（ITTO）（2010）「World Atlas of Mangroves」  
<https://www.cbd.int/cooperation/pavilion/nagoya-presentations/2010-10-21-session1-mangroves-en.pdf>（最終閲覧 2020 年 4 月）

国際マングローブ生態系協会（ISME）（2015）「国際マングローブ生態系協会」  
[http://www.mangrove.or.jp/img/sub\\_index/brochure\\_jpn.pdf](http://www.mangrove.or.jp/img/sub_index/brochure_jpn.pdf)（最終閲覧 2020 年 4 月）

国連人道問題調整事務所（OCHA）（1999）“Orissa Super Cyclone Situation Report 9”  
<https://reliefweb.int/report/india/orissa-super-cyclone-situation-report-9>（最終閲覧 2020 年 4 月）

国立環境研究所（2009）「生物多様性を育むマングローブ林の現実」  
<https://www.nies.go.jp/kenkyusaizensen/200912.html#block1>（最終閲覧 2020 年 4 月）

持続可能な開発目標 (SDGs) 推進本部 (2019) 「SDGs アクションプラン 2020 ～2030 年の目標達成に向けた「行動の 10 年」の始まり～」

<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/actionplan2020.pdf> (最終閲覧 2020 年 5 月)

世界銀行 (2020) 「Integrated Coastal Zone Management」

<https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P097985?lang=en>  
(最終閲覧 2020 年 4 月)

地球環境ファシリティ (GEF) (2011) 「GEF Support for Conserving Mangroves in India」

<https://www.thegef.org/news/gef-support-conserving-mangroves-india> (最終閲覧 2020 年 5 月)

内閣府 (2005) 「平成 17 年度防災白書 インドネシア・スマトラ島沖大規模地震及びインド洋津波」

<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h17/bousai2005/html/honmon/hm140102.htm>  
(最終閲覧 2020 年 4 月)

西澤知史 (2019) 「インド経済の基礎知識 (第 3 版)」日本貿易振興機構 (ジェトロ)

広瀬公巳 (2019) 「インドが変える世界地図 ～モディの衝撃～」文春新書

松井直弘・末国次朗・森棟佳陽 (2012) 「マングローブ生態系の持続的管理と CO2 固定量評価」海外の森林と林業 No. 83 p. 31-36

<https://www.jifpro.or.jp/cgi-bin/ntr/documents/NET8331.pdf> (最終閲覧 2020 年 4 月)

松井直弘 (2012) 「Mangrove Rehabilitation on Highly Eroded Coastal Shorelines at Samut Sakhon, Thailand」International Journal of Ecology

[https://www.researchgate.net/publication/258382110\\_Mangrove\\_Rehabilitation\\_on\\_Highly\\_Eroded\\_Coastal\\_Shorelines\\_at\\_Samut\\_Sakhon\\_Thailand](https://www.researchgate.net/publication/258382110_Mangrove_Rehabilitation_on_Highly_Eroded_Coastal_Shorelines_at_Samut_Sakhon_Thailand) (最終閲覧 2020 年 4 月)

村上芽・渡辺珠子 (2019) 「SDGs 入門」日経文庫

林野庁 (2019) 「平成 30 年度 森林・林業白書」

[https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/30hakusyo\\_h/all/chap2\\_4\\_1.html](https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/30hakusyo_h/all/chap2_4_1.html) (最終閲覧 2020 年 4 月)

AFPBB News (2019) 「インドとバングラデシュ沿岸部にサイクロン襲来 20 人死亡」

<https://www.afpbb.com/articles/-/3254067?pid=21834767> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Centre for Coastal Zone Management and Coastal Shelter Belt (2017) “Database on Coastal States of India”

<http://iomenviis.nic.in/index2.aspx?slid=758&sublinkid=119&langid=1&mid=1> (最終閲覧 2020 年 4 月)

C. N. Pandey and R. Pandey, Gujarat Ecological Education and Research (GEER) Foundation (不明) “The Status of Mangrove in Gujarat”

[https://www.academia.edu/4526072/The\\_status\\_of\\_mangroves\\_in\\_Gujarat\\_CNPandey\\_R\\_Pandey](https://www.academia.edu/4526072/The_status_of_mangroves_in_Gujarat_CNPandey_R_Pandey) (最終閲覧 2020 年 6 月)

Forest Survey of India (2019) “India State of Forest Report 2019”

<http://fsi.nic.in/isfr19/vol1/executive-summary.pdf> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Forest Survey of India (2017) “India State of Forest Report 2017”

<http://fsi.nic.in/isfr2017/isfr-mangrove-cover-2017.pdf> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Government of Gujarat, Principal Chief Conservation of Forest & Head of the Forest Force (HoFF) (2020) “Mangrove Conservation”

<https://forests.gujarat.gov.in/mangrove-conserv.htm> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Government of India (2020) “States and Union Territories”

<https://knowindia.gov.in/states-uts/> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Government of India, National Informatics Centre (2020) “About CAMPA”

<http://egreenwatch.nic.in/public/aboutcampa.aspx#> (最終閲覧 2020 年 5 月)

Government of India, Ministry of Environment, Forest and Climate Change (2019) “Green India Mission (GIM)”

<http://moef.gov.in/division/forest-divisions-2/green-india-mission-gim/about-the-mission/> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Government of India, Ministry of Environment, Forest and Climate Change (2019) “Coastal Regulation Zone Notification”

<http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Coastal%20Regulation%20Zone%20Notification.pdf> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Government of India, Ministry of Environment and Forests (2011) “Coastal Regulation Zone Notification”

<http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/CRZ-Notification-2011.pdf> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Government of India, Press Information Bureau (2018) “Cabinet approves Coastal Regulation Zone (CRZ) Notification 2018”

<https://pib.gov.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=186875> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Government of India, Press Information Bureau (2019) “Centre releases Rs. 47,436 crores for afforestation to various states.”

<https://pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=1583452> (最終閲覧 2020 年 5 月)

Government of India, Press Information Bureau (2019) “National Afforestation Programme”

<https://pib.gov.in/Pressreleaseshare.aspx?PRID=1596332> (最終閲覧 2020 年 5 月)

Gujarat Ecology Commission (2020) “Integrated Coastal Zone Management Project (ICZM), A World Bank aided project being implemented in the Gulf of Kachchh”

<https://gec.gujarat.gov.in/showpage.aspx?contentid=154&lang=English> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Mangroves for the Future (2020) “India”

<https://www.mangrovesforthefuture.org/countries/members/india/> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Mongabay (2019) “[Commentary] Cyclone Bulbul in the Indian Sundarbans: Another lesson on deltaic vulnerability and resilience”

<https://india.mongabay.com/2019/12/commentary-cyclone-bulbul-in-the-indian-sundarbans-another-lesson-on-deltaic-vulnerability-and-resilience/> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Mongabay (2019) “On the frontline of disasters, mangroves at the receiving end of development and climate change”

<https://india.mongabay.com/2019/11/on-the-frontline-of-disasters-mangroves-at-the-receiving-end-of-development-and-climate-change/> (最終閲覧 2020 年 4 月)

NASA Earth Observatory (2020) “Mapping Mangroves by Satellite”

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/47427/mapping-mangroves-by-satellite> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Patel Ajay, Singh Vijay, Khalid Mehmood, Khathota Jaydipsinh, Kalubarme M.H., Pandya C. H., Joshi Nischal, and Brahmabhatt Lomesh (2014) “Mapping and Monitoring of Mangroves in the Coastal Districts of Gujarat State using Remote Sensing and Geoinformatics” Asian Journal of Geoinformatics, Vol. 14, No. 1

<https://gec.gujarat.gov.in/downloads/mapping-monitoring-mangroves-in-coastal.pdf> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Planning Commission (20) “Twelfth Five Year Plan (2012–2017) Faster, More Inclusive and Sustainable Growth, Volume I”

[https://niti.gov.in/planningcommission.gov.in/docs/plans/planrel/fiveyr/12th/pdf/12fyp\\_vol1.pdf](https://niti.gov.in/planningcommission.gov.in/docs/plans/planrel/fiveyr/12th/pdf/12fyp_vol1.pdf) (最終閲覧 2020 年 4 月)

Ruchi Badola and S. A. Hussain (2005) “Valuing Ecosystem Functions: An Empirical Study on the Storm Protection Function of Bhitarkanika Mangrove Ecosystem, India” *Environmental Conservation* 32 (1): 85-92 (最終閲覧 2020 年 4 月)

Society of Integrated Coastal Management (2020) “ICZM Project Phase 1” and “ICZM Project Phase 2”

<http://sicom.nic.in/#> (最終閲覧 2020 年 4 月)

Tamil Nadu Forest Department (2016) “The Coastal Regulation Zone Notifications”

[https://www.forests.tn.gov.in/tnforest/app/webroot/img/document/legislations/01\\_Coastal%20Regulation%20Zone%20Notifications.pdf](https://www.forests.tn.gov.in/tnforest/app/webroot/img/document/legislations/01_Coastal%20Regulation%20Zone%20Notifications.pdf) (最終閲覧 2020 年 5 月)

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2016) “India’s Intended National Determined Contribution: Working towards Climate Justice”

<https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/India%20First/INDIA%20INDC%20TO%20UNFCCC.pdf> (最終閲覧 2020 年 4 月)

資料1：インドの州及び連邦直轄領位置図



出所：西澤「インド経済の基礎知識（第3版）」より引用



資料2：本稿で使用したインド国内の地方行政区名及び対応表

No.	行政区	英語名	日本語名	マングローブ 有無 <sup>35</sup>
1	州	Andhra Pradesh	アンドラ・プラデシュ	○
2		Arunachal Pradesh	アルナーチャル・プラデシュ	
3		Assam	アッサム	
4		Bihar	ビハール	
5		Chhattisgarh	チャッティースガル	
6		Goa	ゴア	○
7		Gujarat	グジャラート	○
8		Haryana	ハリヤナ	
9		Himachal Pradesh	ヒマーチャル・プラデシュ	
10		Jharkhand	ジャールカンド	
11		Karnataka	カルナータカ	○
12		Kerala	ケララ	○
13		Madhya Pradesh	マディヤ・プラデシュ	
14		Maharashtra	マハラシュトラ	○
15		Manipur	マニプール	
16		Meghalaya	メガラヤ	
17		Mizoram	ミゾラム	
18		Nagaland	ナガランド	
19		Odisha	オディシヤ	○
20		Punjab	パンジャブ	
21		Rajasthan	ラジャスターン	
22		Sikkim	シッキム	
23		Tamil Nadu	タミル・ナドゥ	○
24		Telangana	テランガナ	
25		Tripura	トリプラ	
26		Uttarakhand	ウッタラカンド	
27		Uttar Pradesh	ウッタル・プラデシュ	
28		West Bengal	西ベンガル	○
1	連邦 直轄領	Andaman and Nicobar Islands	アンダマン・ニコバル	○
2		Chandigarh	チャンディガル	
3		Dadra and Nagar Haveli and Daman & Diu	ダドラ、ナガル・ハヴェリ及び ダマン・ディウ	○
4		The Government of NCT of Delhi	デリー	
5		Jammu & Kashmir	ジャンム・カシミール	
6		Ladakh	ラダック	
7		Lakshadweep	ラクシャディープ	
8		Puducherry	プドゥチェリ	○

出所：インド政府ウェブページ「States and Union Territories」を基に筆者作成

<sup>35</sup> FSI が公表した調査結果（India State of Forest Report）を参照。