

## 目 次

### 第1部 地球規模の環境変動と森林の役割

#### 第1章 気候変動に対する森林の役割



はじめに	3
1.1 地球の誕生と森林の出現：大気組成を変貌させた光合成生物	4
1.2 大陸移動と森林：気候帯と植生分布の形成	5
1.3 過去の温暖な気候下における古環境と森林分布の復元	7
1.4 氷期・間氷期の環境変動と森林：急激で大きな環境変動の時代	8
1.5 過去 2,000 年の地球環境変動と森林：人間の影響が顕在化する時代	10
1.6 現在進行中の地球環境変化と森林の応答	11
1.7 突発的な環境変動と森林：攪乱と極端現象	14
1.8 森林の季節変化・日変化：主に大気中二酸化炭素濃度への影響	16
おわりに 未来の地球：気候変動対策と森林	19

#### 第2章 地球規模での森林環境の現状把握： リモートセンシングによるアプローチ



はじめに	25
2.1 植生フェノロジー観測	26

目 次

2.1.1	デジタルカメラによる植生フェノロジー観測	27
2.1.2	衛星による植生フェノロジー観測	31
2.2	植生バイオマスの観測	38
2.2.1	光学センサーによる植生バイオマスの観測	38
2.2.2	マイクロ波合成開口レーダーによる植生バイオマスの観測	41
	おわりに	43

第2部

## 世界の森林における気候変動の影響

### 第3章 温帯林への気候変動の影響



	はじめに	51
3.1	温帯林の構造と機能	52
3.1.1	森林の生態学的構造と機能	52
3.1.2	森林生態系の炭素収支	53
3.2	落葉広葉樹林の炭素循環・収支の時間的変動	57
3.2.1	冷温帯落葉広葉樹林の炭素循環の長期観測	57
3.2.2	冷温帯落葉広葉樹林の炭素循環・炭素収支の季節変化と年変動	60
3.2.3	落葉広葉樹林の個葉光合成と土壤呼吸に対する気象環境の変動の影響	65
3.3	森林生態系の林冠光合成のリモートセンシング	70
3.3.1	森林の生理生態学的プロセスに着目したリモートセンシング	70
3.3.2	林冠の光合成能力の分光指数の検証と適用	72
3.3.3	林冠の光合成活性のリモートセンシング	76
	おわりに	78

## 第4章 熱帯林への気候変動および人間活動の影響



はじめに	83
4.1 熱帯林の特徴	84
4.1.1 熱帯林の分布と分類	84
4.1.2 熱帯林の炭素収支	85
4.2 気候変動・変化と熱帯林	89
4.2.1 降水量の変動	89
4.2.2 温暖化	92
4.2.3 CO <sub>2</sub> 濃度上昇	94
4.3 人間活動の影響	95
4.3.1 森林伐採 (deforestation) と森林劣化 (degradation)	95
4.3.2 火災の影響	99
4.4 熱帯泥炭林	102
4.4.1 熱帯泥炭林の特徴と現状	102
4.4.2 熱帯泥炭林の炭素収支と攪乱にともなう炭素放出	105
おわりに	110

## 第5章 北方林への気候変動の影響



はじめに	116
5.1 北方林の特徴	117
5.1.1 分布	117
5.1.2 気候と土壌	117
5.1.3 植生	118
5.2 北方林の炭素蓄積量	119
5.2.1 広域評価	119
5.2.2 様々な北方林における炭素蓄積量	120
5.3 北方林の炭素循環	122

目 次

5.3.1	生態系-大気間の CO <sub>2</sub> 交換	122
5.3.2	生態系-大気間のメタン交換	125
5.3.3	土壌炭素の流出	126
5.4	攪乱が北方林の炭素循環に及ぼす影響	127
5.4.1	森林火災が及ぼす影響	127
5.4.2	病虫害が及ぼす影響	128
5.4.3	森林伐採影響を含む総合評価	129
5.4.4	攪乱が及ぼす北方林の熱環境の変化	131
5.5	気候変動が北方林の炭素循環に及ぼす影響	131
5.5.1	温度上昇が及ぼす影響	131
5.5.2	永久凍土の融解	135
5.5.3	水環境の変化を介して及ぼす影響	135
5.6	大気環境の変化が北方林の炭素循環に及ぼす影響	136
5.6.1	CO <sub>2</sub> 濃度の増加が及ぼす影響	136
5.6.2	オゾン濃度や窒素沈着量の増加が及ぼす影響	138
	おわりに	139

第3部

将来気候下での世界の森林環境

第6章 地球温暖化に伴う植生帯の移動



	はじめに	149
6.1	気候変動による分布変化	150
6.1.1	気候変動に対する植生帯の移動	150
6.1.2	国内における分布変化	153
6.2	気候変動による分布変化を捉える	155
6.2.1	分布変化の検出手法	156
6.2.2	国内におけるモニタリングネットワーク	157
6.2.3	市民参加型モニタリングネットワーク	157

6.2.4	温暖化操作実験	158
6.3	気候変動による分布変化の予測と課題	160
6.3.1	分布変化を予測する手法	160
6.3.2	統計的な方法	160
6.3.3	種特性情報を用いた方法	161
6.3.4	間接的な評価手法	162
6.3.5	不確実性	163
	おわりに 気候変動影響への自然生態系の適応策	164

## 第7章 地球規模の観測データに基づく森林環境の変化の把握



	はじめに	168
7.1	陸域生態系物質循環における地上観測データベースの役割	169
7.1.1	フラックス観測データベース	169
7.1.2	生態系観測データベース	171
7.1.3	異なる観測データベースの長所・短所	172
7.2	地上観測データベースを利用した森林環境変動の把握	172
7.2.1	CO <sub>2</sub> フラックスと気候条件の関係性	173
7.2.2	環境条件・植生成長が及ぼす CO <sub>2</sub> 交換量の 変動パターン	173
7.3	地上観測データと衛星観測データを利用した広域化による 現状把握	174
7.3.1	広域化の概念	174
7.3.2	代表的な広域化手法	175
7.3.3	機械学習による広域化手法	177
	おわりに	184

## 第 8 章 陸域生態系モデルに基づく世界の森林環境の将来予測

はじめに .....	189
8.1 将来の森林環境 .....	190
8.1.1 大気と気候の変動 .....	190
8.1.2 土地利用変化 .....	194
8.2 森林生態系のシミュレーションモデル .....	196
8.2.1 森林の分布・動態を予測するモデル .....	196
8.2.2 森林機能を予測するモデル .....	198
8.3 将来の森林の構造と機能の予測 .....	200
8.3.1 森林サイトでのシミュレーション .....	200
8.3.2 広域（アジア）でのシミュレーション .....	202
おわりに .....	207

索引 .....	213
----------	-----

Box1.1 ヒマラヤ山脈の隆起が気候や森林に与えた影響 .....	6
Box1.2 古気候学 .....	7
Box1.3 微気象学的方法による熱・水・二酸化炭素フラックス 観測ネットワーク (FLUXNET) .....	13
Box1.4 陸域生態系のモデリング .....	17
Box3.1 生態系のネットワーク研究 .....	58