序章　温暖化時代の湖沼学　1

1　温暖化の実態と将来予測　2

2　人為擾乱と湖沼学――富栄養化を例に　4

3　温暖化の湖沼学という新たな挑戦　5

4　本書の構成と概要　12

第1章　顕在化する温暖化影響　17

1.1　温暖化に対する湖沼の応答　17

(1) 湖物理構造の応答　19

(2) 湖水質の応答　25

(3) 湖生態系の応答　26

(4) まとめ　28

1.2　日本の事例　29

(1) 気温の長期変動　29

(2) 温暖化への湖の応答に関する国内の事例　33

第2章　湖沼物理過程　47

2.1　湖沼における素過程　48

(1) 水収支　48

(2) 熱収支　50

(3) 水の密度　55

2.2　流れ場モデル　56
(1) 基礎方程式　56
(2) 境界条件　60

2.3　湖沼の流れ　63
(1) 熱循環　63
(2) 風成循環　66
(3) 波動　68

2.4　乱流と混合　74
(1) 乱流とは　74
(2) 乱流の発生メカニズム　77
(3) 乱流強度のパラメータ化　79
(4) 表層混合層　80
(5) 風による混合　82
(6) 対流によって形成される混合層　83
(7) 亜表層混合層　84
(8) 琵琶湖における例　84

2.5　湖岸境界過程　87
(1) 湖岸境界層の特徴　88
(2) 地形性の流れ　88
(3) 成層期の湖岸流　89
(4) 沿岸湧昇　92
(5) 湖岸フロントによる境界領域と密度流　92
(6) 湖岸境界層の範囲　96
(7) 温暖化による沿岸域への影響　97

2.6　底層境界過程　98
(1) 底層境界層の重要性　98
(2) 底層境界層に対する支配方程式　99
(3) 底面付近の流れ　101

(4) 成層していない場合の底層境界層中の流れ　103
(5) 成層下での底層境界層中の流れ　109
(6) 底層境界層中の物質輸送　111
(7) 琵琶湖における底層境界層　114
(8) 地球温暖化の進行が底層境界層に与える影響　119

コラム 1　乱流の測定　121

第3章　湖沼生態系　123

3.1　一次生産　124
(1) 一次生産とは　124
(2) 光環境と一次生産　125
(3) 栄養塩環境と植物プランクトン　129
(4) 水温と植物プランクトン　131

3.2　沖合生態系の食物網　132
(1) 生食連鎖　134
(2) 微生物ループ　140
(3) 栄養塩の再生　146

3.3　有機物の鉛直輸送と深層・堆積物における物質代謝　150
(1) 沈降粒子の生成と有機物の鉛直輸送　150
(2) 無酸素化した堆積物からのリンの溶出　153
(3) 深層における有機物分解と酸素消費　154

3.4　湖沼生態系に対する温暖化影響　162
(1) 温暖化と一次生産　162
(2) 温暖化と植物プランクトンの群集構造　164
(3) 動物プランクトンの代謝プロセスと水温　167
(4) 生態系代謝バランスに対する温度上昇の影響　169
(5) 食物網および生態系レベルでの温暖化影響に関する最近の研究動向　173

3.5　魚類・底生動物に対する温暖化影響　177
(1) 個体への生理的影響　178

(2) 環境を介した生物間相互作用への影響　182
(3) 生物群集・生物多様性への影響　189
(4) 生態系機能・サービスへの影響　198
(5) 陸水生態学の知見を集積するために　204

❖コラム 2　一次生産の測定　207

❖コラム 3　安定同位体比を用いた高次生産者の栄養段階の推定　210

❖コラム 4　自生性有機物と他生性有機物　212

❖コラム 5　PEG モデル，湖沼における季節性のテンプレート　213

第 4 章　温暖化を踏まえた湖沼管理にむけて　215

4.1　数値モデルによる影響評価　216
(1) 数値モデルの意義と使用例　217
(2) 生態系モデル　218
(3) 流れ場－生態系結合数値モデル　227
(4) 計算の流れ　230
(5) 離散化　231
(6) 季節変動の再現計算例　232
(7) 経年変動の再現計算例　235
(8) 数値モデルを用いた温暖化影響評価　238

4.2　温暖化影響評価の汎用的な指標　242

4.3　今後の課題　249

Appendix　ナヴィエ・ストークス方程式とレイノルズ分解　253
文献一覧　257
索引　281