

森林立地 XXX(2), 1988, pp. 41~56

林野火災の概念と研究動向*

後 藤 義 明・大 谷 義 一**

はじめに

筆者らは、林野火災の生態学的な側面や発生機構に関心があり、かねてから林野火災研究の先進国とも言えるべきアメリカ、カナダ、オーストラリアなどの国々の文献に接する機会が多かった。しかし、林野火災の生態学的・社会科学的な位置づけは、諸外国間あるいは日本との間で大きく異なり、研究の流れを総合的に理解することは必ずしも容易なことではなかった。

この度、森林立地30周年記念の特集を組むに当たり、編集委員会から林野火災関連の原稿の執筆依頼を受けたのを機会に、手持ちの資料に加えて文献データベース(CAB 1981年1月~1988年6月)を利用し、林野火災研究の世界的な傾向や、先進国の林野火災に対する考え方、そしてわが国における林野火災研究の動向についての取りまとめを試みた。

執筆に当たっては、文献理解の妨げとなる用語とその背景について、出来るだけ配慮したつもりであるが、適切さを欠くものがあることを案ずる次第である。

本報が、わが国における今後の林野火災研究の一助となれば幸いと考える。

なお、文献検索では、1169件の文献が抽出された。要旨を含むそのすべてについて通覧し、題名、要旨、キーワードを参考に、研究分野別、国別に整理した。その結果は表一1のようになった。なお、研究分野の分類は津田ら(1985)を参考にしながら独自の判断で行なった。

林野火災研究先進国アメリカ

表一1をみてもわかるように、この8年間の林野火災の研究業績のうちの4割強が、アメリカ合衆国で挙げられている。ここでは、林野火災研究の先進国であるアメリカでの最近の研究の内容を、火に対する考え方にもふれながら紹介してみたい。

fire management and prescribed fire

アメリカでは、森林管理の一部として、火を利用、制御することを目的とした火管理(fire management)の思想が普及している。わが国と異なり、アメリカでは落雷等により自然に発生する林野火災が多い。数年間隔で発生する火災は、雨や雷、風と同じく自然環境の一部になっている。植物もこのような火環境の下で生存し、火環境に適応してきた。たとえば北アメリカ大陸に広く分布するジャックパインやロジボールパイン、ポンドパイン等の球果は、成熟しても裂開せずに長く枝上に残り、火災が起きてはじめて球果が開き、種子を散布する。ジャイアントセコイヤ、ダグラス

表一1 林野火災の研究動向
(CAB アブストラクツ
1981年1月~1988年6月による)

Country	general	statistics	history	fuel	studies	weather	behavior	prevention	suppression	plants	animals	fungi	soil/water	air	management	sum
USA	31	9	46	50	13	47	19	25	69	20	0	41	16	61	447	
Australia	6	1	4	6	1	5	0	1	39	7	3	40	0	10	123	
Canada	8	6	13	7	0	7	13	13	17	3	2	10	1	22	122	
USSR	6	2	0	8	1	3	13	13	20	3	0	1	0	5	75	
Fed. Rep. Germany	7	2	0	0	0	0	3	5	4	7	0	3	0	2	33	
France	2	0	0	2	1	0	3	11	5	3	0	1	0	2	30	
Rep. S. Africa	3	1	0	1	2	2	3	3	4	2	0	2	0	3	26	
India	2	0	0	0	1	0	4	0	7	2	1	2	0	0	19	
Italy	4	2	1	0	1	1	6	2	0	0	1	0	0	0	18	
Rep. China	2	0	0	1	3	4	3	0	3	1	0	0	0	1	18	
Spain	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	8	0	13	
UK	3	0	1	0	0	0	2	1	3	0	0	0	0	1	11	
Poland	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3	0	0	0	1	9	
Japan	1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	4	0	0	9	
New Zealand	1	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	0	2	8	
Brazil	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	6	
Greece	0	1	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	6	
Indonesia	1	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	6	
Sweden	0	0	3	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	6	
Nigeria	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	5	
German Dem. Rep.	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	4	
Israel	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	4	
Norway	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	3	
Zambia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	
Thailand	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3	
Portugal	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3	
Rep. Korea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	
Yugoslavia	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	
Netherlands	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	
Honduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	
Chile	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	
Iraq	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
Austria	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Botswana	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
Switzerland	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
Tanzania	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
Syria	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
Madagascar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Papua New Guinea	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
Ecuador	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Morocco	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
Uganda	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
Belgium	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Solomon Is.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
Zimbabwe	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
Algeria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
Finland	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Mexico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
sum	86	24	68	79	26	70	92	77	191	56	9	126	17	116	1037	

* Yoshiaki GOTO and Yoshikazu OHTANI :
Concept of forest fire and review of forest
fire studies

** 森林総合研究所

ファー、ポンデローサパイン等は火に十分耐える厚い樹皮を持っている。これらの植物にとって、火は競合植物の排除に役立つ有益なものなのである。

しかしアメリカにおいても、初めからこのような考え方が普及していたわけではない。かつてはアメリカでも火は悪しきものと考えられ、林野からの火の徹底的な排除が行なわれていた。しかし火が入らなくなったことでこれらの植物は、他の植物にとって代わられるようになり、植生や野生動物の組成に大きな変化をもたらすこととなった。さらに、繰り返して起こる火による焼却で適量に保たれていた林内の堆積物が、火の排除によって異常に堆積することとなった。それにより、生態系の生産力や多様性に壊滅的な影響を及ぼすのみならず、人命や財産までが危険にさらされるような大火災を招くことになったのである。こうしたことへの反省から、各地で林野火災の研究が進められ、生態系における火の役割がしだいに明らかにされてきたのである。今日では、上記のような植物は火依存植物 (fire dependent plants) と呼ばれ、自然淘汰によって可燃性の高い葉群を持つようになり、自ら火の入りやすいような環境を作るように進化してきたのだともいわれている (MUTCH, 1970)。

森林の火管理の目的は、人命や財産、他の資源の安全を最大限に確保した上で、生態系の中での火の役割を回復・継続させること、そのために、特別な規定の下で、技術的に実行可能な計画によって、生態系に火を慎重に導入すること、なのである。特に原生地域 (wilderness area) においては、森林管理の中でもこの火管理が最優先されるべきものとされている (HEINSELMAN, 1978)。

生態系に火を導入するというのは、すなわち、人工的に林野に火をつけて火災を発生させることである。アメリカで自然に発生する火災の原因の大部分は落雷によるものであるが、この落雷の代わりに人工的な火を積極的に利用しようというのである。火管理の目的で使用される火のことを *prescribed fire* と呼ぶ。それは火災危険の除去、育林、野生動物の生息地の確保、病虫害の制御等、様々な用途で用いられる。伐採跡の枝条の焼却にも用いられるが、樹木の生育している林内に火を入れることもよくある。後に述べる林野火災危険度評価システムや火の動態予測、生物や環境への影響までも予測して立てられた *prescribed fire plan* に沿って、慎重に行なわれるのである。

prescribed fire は日本でいう火入れに似た概念であり、実際にそのように訳されるが、本質はかなり違っている。さきに人工的にと書いたが、実際には、*prescribed fire plan* によって計画された地域内で、火

の動態特性が計画の範囲内であれば、それが人工的に点火されたものでも、落雷等により自然に発生したものであっても *prescribed fire* と呼ぶ。そして *prescribed fire* 以外のすべての火、人間の制御の範囲外にあるのが *wild fire* なのである。アメリカではこのような *prescribed fire plan* がすでに多くの地域で確立されている。

fire history

さて、このような *prescribed fire plan* を立てるためには様々なことがわかっていなければならない。生態系での火の役割を回復・継続させるためには、目的とする森林に、自然状態でどのくらいの強さの火がどのくらいの頻度で発生しているのかを知る必要がある。その目的で行なわれるのが火の履歴 (*fire history*) の研究である。表—1 をみてもわかる通り、森林の火の履歴の研究はアメリカやカナダ以外の国ではほとんど行なわれていない。火の履歴の研究は、主に樹木に残された火傷とその年輪数とから、過去 (ヨーロッパ人による入植以前) に起きた火の型 (地表火や樹冠火)、規模、強度、再来の間隔等を明らかにするものである。このような火による攪乱の性質の総体は火体制 (*fire regime*) と呼ばれている。最近の研究から例を挙げると、カリフォルニア州のセコイヤ国立公園のレッドファー林では1886年以前には平均65年間隔で火災が発生していたが、それ以降火は入っておらず、そのためレッドファーの個体数が減少している (PITCHER, 1987)。またアイダホ州中央部のポンデローサパイン—ダグラスファー林では、ヨーロッパ人の入植前は10~22年間隔で弱い火災が起きていたが、入植後は間隔が長くなり、火も強くなった。火災危険を減少させるため火入れが必要であると指摘されている (STEELE *et al*, 1986)。JACOBS *et al* (1985) や McNEIL & ZOBEL (1980) も同様の問題を扱っており、その他インディアンによる火災を扱ったもの (RUSSELL, 1983) や火傷痕による火の履歴研究の問題点や改善法についてふれたもの (MADANY *et al*, 1982; ARNO & PETERSEN, 1983; McBRIDE, 1983; SHEPPARD & LASSOIE, 1986) がある。

fuel study

可燃物の燃え易さの評価も重要である。この研究はアメリカでは早くから行なわれており、林野火災危険度評価システム (National Fire Danger Rating System, NFDRS) として1972年からすでに実用化されている。現在では1978年に改良されたものが使用されている。これは林野の可燃物の種類 (落葉落枝だけでなく生きた植物も含む)、特性を類型化して20種の可

燃物モデルを作り、それぞれについて火災危険度を評価するものである。危険度として求められるのは、火災危険指数として、発生指数、燃焼指数、火災負荷指数であり、火動態を特徴づける要素として、着火、拡大、エネルギー放出の3つである。これらの諸量は、相対湿度、降水量等の気象要素や植物の生育状態から、すでに用意されている表によって簡単に求めることができる。この危険度評価システムを解説したものに BRADSHAW *et al* (1984), COHEN & DEEMING (1985) がある。またこの方式の有効性を検討したものに HAINES *et al* (1983), WILLIAMS (1985) がある。BURGAN & SUSOTT (1986) は、この危険度の諸量を現場で簡単に求められるように工夫された、電卓型の計算機についての解説である。この方法のもととなる、気象要素と可燃物の含水率との関係について調べたものに、LOOMIS & MAIN (1980), NELSON (1984), JOHNSON (1984), 可燃物の含水率を求める方法について述べたものに NORUM & FISCHER (1980), BLANK *et al* (1985), 可燃物の量を求める方法について述べたものに EAKLE & WAGLE (1979), POTTS *et al* (1984) 等がある。この林野火災危険度評価システムは、単に気象の変化から火災が発生しやすいかどうかを予測するだけではなく、発生した後の火の動態の予測まで含んだ総合的なものである所に特徴がある。

fire behavior

火動態についての研究も盛んに行なわれているが、ROTHERMEL (1983) によって一応のまとめがされた。これは可燃物の種類、含水率、風速、風向、斜面の方位、傾斜等から延焼の速度、火の強さ、単位面積あたりの放出熱量、さらには実際の延焼距離、延焼地域の周囲の長さ、面積、火災の長さ等の火動態の諸量を求めるもので、複雑な計算はなく、すべて表や図から読み取れるようになっている。そして時間ごとに成長する延焼地域を予測して地図上に画く方法についても解説している。また別の方法で延焼域の大きさと形を予測したものに ANDERSON (1984), ANDREWS (1986) がある。さらに地表火や樹冠火からの飛火距離を予測しモデル化したものに ALBINI (1979), ALBINI (1981), ALBINI (1983) 等がある。

落雷による火災発生が多いアメリカでは、雷による着火の予測や早期発見も重要であり、それを解説したものに FUQUAY *et al* (1979), LATHAM (1979), LATHAM (1983) 等がある。

fire effects

林野に火が入れば、その環境に様々な影響を及ぼ

すことになる。それが prescribed fire であっても wild fire であっても、生態系に与える火の影響の解明は、生態学的にも重要である。この分野の研究は、特に植物あるいは植物群落への影響についてのものが多い。ワイオミング州で、地形傾度に沿った亜高山林の遷移と、火災頻度との関係を調べた結果、尾根上のポンデローサパイン林では、周期的な火災とその後のゆっくりとした2次遷移が特徴であるが、エンゲルマンズブルーササブアルパインファー林は火災頻度が少ない谷底で発達しており、火災後の遷移はより急速で直接的であることがわかった (ROMME & KNIGHT, 1981)。ポプラの火による枯死を調べた結果、枯死した個体は平均で樹幹周囲の75%以上が焦げていた。ポプラの枯死率は直径、焦げの高さ、周囲の焦げ率に関係しており、prescribed fire のめやすになる (BROWN & DEBYLE, 1987)。その他ダグラスファー林の火災後5年間の植生の再生と、立地との関係を調べたもの (CRANE *et al*, 1983)、火が入った後の森林の遷移モデル (MARSDEN, 1983)、埋土種子への影響をみたもの (AHLGREN, 1979, PRATT, 1983)、火災にあった樹木の枯死過程のシミュレーションモデル (PETERSON, 1983; PETERSON & RYAN, 1986) 等がある。

動物への影響についての研究はずっと少ない。ワシントン州の、火が入った後に異なる年数が経過したウエスタンヘムロックダグラスファー林で、鳥類相の調査を行なったところ、1年目では密度、多様性ともに火が入っていない森林と変わらないが、2～3年目では減少し、多様性が最大になったのは火災後19年目の林であった (HUFF *et al*, 1985)。その他ほ乳類 (HALVORSON, 1982; KLEIN, 1982; FREEDMAN & HABECK, 1985)、鳥類 (LYON & MARZLUFF, 1985)、昆虫類 (GEISLER *et al*, 1984)、土壤動物 (FELLIN *et al*, 1980a; FELLIN *et al*, 1980b; MURAD *et al*, 1979) 等への影響についての研究がある。

生物以外の環境への影響では、土壌や水の養分動態についての研究が多い。ポンデローサパイン林の林床に火を入れた結果、1ヶ月後にはリター中の有機物は63%、窒素が80%、リンが62%、カルシウムが70%、マグネシウムが71%、カリウムが74%に減少していた (COVINGTON & SACKETT, 1984)。同様の研究に MROZ *et al* (1980) や JURGENSEN *et al* (1981), ADAMS & BOYLE (1982), MCKEE (1982), BOERNER (1983) がある。水質の変化を扱ったものには DOUGLASS & LEAR (1983), VERRY (1986) 等がある。

さらにアメリカでは大気への火の影響について扱ったものが多くみられる。prescribed fire によって発生した煙の方向、集中する場所を計算するコンピュータ

プログラムについて述べたもの (JOHANSEN & PHERNETTON, 1982), 一酸化炭素, 二酸化炭素, 揮発性有機物あるいは粒状物質の放出のシミュレーションや測定法についてふれたもの (WARD, 1983; NELSON, 1982; CLEMENTS & McMAHON, 1984) 等があるが, これらの研究はいずれも大気汚染との関連で調査されており, 他の国ではみられない特徴である。

そのほか火による森林のレクリエーション価値の変化について述べたものや (FLOWERS *et al*, 1985; VAUX *et al*, 1984; MATSON *et al*, 1987), 火傷による材価の変化をシミュレートしたもの (MILLS & FLOWERS, 1985; MILLS & FLOWERS, 1986) がある。

fire prevention and suppression

林野に入れた火が目的の範囲外にそれないように (wild fire に移行しないように), また予期せぬ火災 (wild fire) が発生した場合に対処するために, 火災の防御についても検討が必要である。SMITH (1984), MEES (1985), DIMITRAKOPOULOS (1987) 等は火災防御に必要な人員や資機材の配置, 消火活動のシミュレーションモデルについて解説している。REDMOND *et al* (1983) は降水量のデータから消火のタイミングや, prescribed fire が wild fire に移行する可能性について検討している。そのほか空中消火用の航空機 (MOORE, 1978; ELY, 1983) や緊急防火線伐開用の機材 (BLAIR *et al*, 1983; McDERMOTT *et al*, 1984; BARNEY & PETERS, 1983), 消火用の薬剤 (GEORGE, 1985; METER *et al*, 1985) 等についての研究もある。

いままで述べてきたことをまとめ, それらの関連を示したのが図-1 である。森林における火管理の目的は, 生態系の中での火の役割を回復・継続させることであると書いた。そのために地域ごとに火の履歴を調べ火体制を確立し, 可燃物モデルから火の発生や動態を予測する。さらに火が生物や環境に与える影響についても考慮した prescribed fire plan が作成され, 生態系に積極的に火を導入する。これが森林の火管理の骨子であるが, 目的に合致しないような火 (wild fire) が発生することも当然ある。そのための予防策についても検討されている。これは, さきに述べた prescribed fire により可燃物の量を減らすのが最も一般的であるが (SANDBERG, 1980; LITTLE *et al*, 1982), そのほかにも伐木に枝条をつけたままで集材することによる可燃物軽減法の解説もある (TESCH & LYSNE, 1986)。また火管理計画の全体を解説したもの (DAVIS, 1979; BRATTEN, 1982; FISCHER, 1984) や, 火管理の有効性・経済性について検討したもの (BELLINGER *et al*, 1983; SCHWEITZER *et al*, 1982; BLATTENBERGER *et al*,

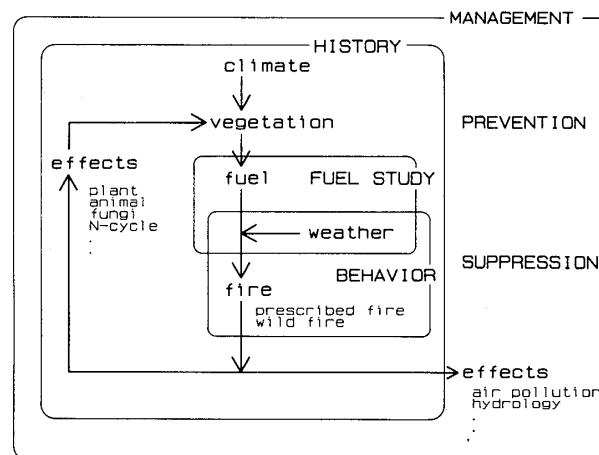


図-1 林野火災の概念

1984), 火管理に対する森林利用者の理解度を分析したもの (GARDNER *et al*, 1985; McCool & STANKEY, 1986; TAYLOR *et al*, 1986) がある。重要なのは, 研究の個々の項目が, それぞれ独立しているのではなく, 火管理の下ですべて関連づけられ, ひとつの流れとして理解されている点にある。

以上火管理の考え方を中心に, アメリカの林野火災研究の一端を紹介してきた。しかし, ここに述べたことは全体のほんの一部に過ぎず, アメリカの林野火災研究は, 質・量ともに他の国々を大きく引き離しているのである。

その他の国々での林野火災研究

表-1 に示したように, アメリカ以外ではオーストラリア, カナダ, ソビエト, 西ドイツ等で研究が活発に行なわれている。そのほかの国々でも, それぞれ特色のある研究成果が挙げられているが, だいたいの傾向としては, ソビエト, フランス, イタリア, 中国などは主として火災の防止や防御に関する研究例が多い。それに対しオーストラリア, 西ドイツ, インド, スペイン, ポーランドなどは火災の影響について調査したものが多くなっている。

fuel study, fire behavior and weather

アメリカと同様の考え方にたった火管理の施策が, オーストラリアやカナダで行なわれている。アメリカの林野火災危険度評価システム (NFDRS) に対応するのが, カナダで使用されている林野火災気象指数システム (Canadian Forest Fire Weather Index System) である。やはり降水量や相対湿度などの気象要素から, 可燃物の含水率や火動態の諸量 (延焼速度, 火の強さ等) を求めるもので, CANADIAN FORESTRY SERVICE

(1984) や WAGNER & PICKETT (1985) はその解説であり, HARRINGTON *et al* (1983) や McALPINE & EIBER (1985) はその有効性について考察している。南アフリカでも同様のシステムが森林管理に用いられている (MEIKLE & HEINE, 1987)。南アフリカでは ROTHERMEL (1982) の火動態モデルも使われている。しかしフィンボス植生では、延焼速度や炎の長さは実際とよく当てはまるが、火の強さについては過小評価になるという (WILGEN *et al*, 1985)。

その他の国での火災危険予測についての研究例をいくつか紹介すると、インドでは平均気温が20°Cが火災発生限界であり、最高気温の平均が34~38°Cでは非常に危険、多くの火災は平均気温が24~28°Cで発生している。また相対湿度が50%以下では危険である (MATHUR *et al*, 1984)。イタリアでも統計解析により、毎日の火災、湿度、無降雨期間、風速、風向から火災危険度を求めている (BURESTI & SULLI, 1983)。中国では相対湿度が65%以下の時に大きな火災がよく起こるが、75%では火災は起きない。また気温の日較差が大きいときに火災が多く発生するという (XU, 1984)。さらに1987年3月~6月の中国東北地方の大火災時の気象を分析したものもある (JIA *et al*, 1987)。ソビエトでは湿度や降水量ではなく、日射や放射エネルギーと可燃物の乾燥状態との関係について考察したものがある (DICHENKOV, 1985; SOFRONOV & VOLOKITINA, 1985a)。そのほか火災危険や火動態についてはイタリア (CORRADO, 1981)、ギリシア (KAILIDES *et al*, 1984)、ポーランド (KARLIKOWSKI, 1981)、中国 (ZHENG & HU, 1987)、ソビエト (SHESHUKOV, 1983; SOFRONOV & VOLOKITINA, 1985b) など、それぞれに特色のある研究が行なわれている。変わったところでは、ギリシアで、タバコによる林野火災着火の条件について実験した例がある。マツやナラ、ブナなどの、12種類のリターについて調べた結果では、風のない状態で着火するものはなかった。マツの葉、乾いた禾本、シダは風があっても着火しなかった。またフィルターについていないタバコは着火源となり易いという (MARKALAS, 1985)。ソビエトでは、タイガの泥炭内で起こる地中火が大きな問題になっており、その火動態についても研究されている (VOLOKITINA, 1984; UDILOV & KISELEV, 1985)。

fire effects

火災の生物や環境への影響について書かれたものは、各国とも非常に多い。地域により植生も違うので、それぞれの特徴がでておもしろい。カナダのオンタリオ州でバンクシアパインの再生と、火動態のパラメータ

との関係を調べたところ、単位面積当りの林床堆積物の燃焼量と無機土壌の露出率は、燃焼前の林床堆積物の含水率と負の相関があった。また樹木の枯死率や実生の定着率、実生の13~16年後の樹高は、火の強さと正の相関があることがわかった (WEBER *et al*, 1987)。同じくカナダのケベック州で北限地帯のレッドパインの齢構造を調べたところ、成長錐サンプルからここでは1825年と1944年に大きな火災が発生していたことがわかった。この地域では土壌水分と火災により異なるタイプのマツ林が発達しており、レッドパインは致命的な火を避けられる湖の周辺に多く分布している (BERGERON & GAGNON, 1987)。

オーストラリアではユーカリ林と火の関係を扱ったものが多い。ユーカリ林の火による枯死を調べた結果、稚樹の多くは火によって枯死するが、成熟したユーカリは強い火でも生き残ることがわかった (BOWMAN & KIRKPATRICK, 1986)。樹冠に火傷を受けたユーカリの直径成長量を調べたところ、火災後一時的にかなり減少するが、3~4年後には無傷の木と有意差がなくなった (KELLAS *et al*, 1984)。火災後1年目のユーカリ実生、再生萌芽の葉の水ポテンシャルは高くなるが、4年以上たつと変化はなくなった (WELLINGTON, 1984)。

ニューサウスウェールズ州北部沿岸林では、火災直後にユーカリが上層を占め、その樹冠下に降雨林が発達している (TURNER & KELLY, 1981)。

インドの湿性落葉林 (シャラ林) の地上植生に与える火の影響を調べたところ、木本の実生は相対頻度、密度、優占度とも、火でかなり減少するが、草本には増加するものがあった (MAITHANI *et al*, 1986)。ソビエトの広葉樹-チョウセンゴヨウ混淆林で、火災後1, 9, 70, 200年目の土壌中の種子を採取し、発芽試験を行なったところ、9年目のものが密度、多様性ともに最大であった。火災後の年数が経つにしたがって、埋土種子は土壌中のより深いところに存在するようになった (KOMAROVA, 1986)。

動物や菌類に対する影響では、土壌中のものについて扱ったものが多い。オーストラリアのユーカリ林で、火入れに対する土壌中の無脊椎動物への影響を調べたところ、特にリター中に生息する動物への影響が大きく、リターの量が無脊椎動物の密度に関係していた (MAJER, 1984)。しかし、3年後にはもとに戻るという報告もある (ABBOTT, 1984)。またリター中の菌根の数も、火入れによって減少した (REDELLE & MALAJCZUK, 1984)。インドで、森林伐採後に残った枝条を焼却したところ、土壌中のバクテリアの密度は火入れ後20日で回復し、菌類は回復に1ヶ月かかった。これらの土壌

微生物に与える火入れの影響は、深さ 2 cm までであった (DEKA & MISHRA, 1983)。ソビエトのタイガに生息するダニ個体群の数と空間構造に及ぼす林野火災の影響を調べたところ、火災はダニ個体群に対し阻害要因として働くが、それは長続きするものではないことがわかった (GORELOVA & KOVALEVSKII, 1985)。西ドイツでは火災と節足動物との関係を扱ったものが多く、クモ (SCHAEFER, 1980) やトビムシ (TAMM, 1986) その他昆虫類についての研究例が多い (WINTER *et al.*, 1980; WINTER, 1980; SCHAUERMANN, 1980a; SCHAUERMANN, 1980b)。南インドでは林野火災と大型ほ乳類との関係が調べられており、火災後の植生変化によりゾウや野生牛の個体数が大きく変化することが報告されている (JOHNSINGH, 1986)。

火災の環境への影響についての報告も多い。オーストラリアのユーカリ林で、リターの分解を調べたところ、3 年前に火が入った林のリター分解は非常に速いが、8 年前に火が入った林ではリターの分解は少なかった (O'CONNELL & MENAGE, 1983)。同様に、20 年間火から守られ、その後軽度の火入れが行なわれたユーカリ林の、火入れ後のリター分解量は、火入れ前の 22~34% に減少した。これは火入れによる乾燥化が原因であると指摘されている (RAISON *et al.*, 1986)。さらにユーカリ林で生じた強度の火災後の、表層土壌の養分変化を調べたところ、火災後の主要な養分量の増加は、燃える前のリター量と有機物組成に関係していた (GROVE *et al.*, 1986)。カナダで、皆伐地の枝条の焼却が流水中の養分量に与える影響を調べたところ、枝条を焼却すると伐採だけの場合よりも養分損失が大きく、その傾向は特に窒素について顕著であった。養分の総損失量は、伐採のみの場合で 245kg/ha、伐採の後に枝条を焼却すると 1293kg/ha であった (FELLER & KIMMINS, 1984)。

スペインでは、火災が土壌に与える影響についての研究例が多く、土壌侵食 (DIAZ-FIERROS V. *et al.*, 1982; DIAZ-FIERROS V. *et al.*, 1987) や土壌有機物 (ALMENDROS *et al.*, 1984; ALMENDROS *et al.*, 1984) について報告されている。スペイン北西部で、森林土壌への林野火災の影響を調べたところ、地表より 0~5 cm の深さで、火災直後リン、カルシウム、マグネシウム、pH は増加し、有機物は燃える前の 40% に減少し、C/N 比は 20.9 から 12.1 へ減少した。火災の 2 年後にはカリウム、マグネシウムは火災前より少なかったが、カルシウムは増加しており、pH は 0.2 ほど高かった。地表より 5~30cm の深さでは、火災直後も 2 年後も、これらの諸量に変化はなかった (BARA & VEGA, 1983)。

ホンジュラスでマツ林への火入れが養分循環に及ぼす影響を調べたところ、養分の流出は表面流出によるものが多かった。乾季前の火入れでは養分流出が多く、雨季が始まった後の火入れでは少なかった。火災危険を減少させるための弱度の火入れ (3~7 年周期) により養分集積率が低下した (HUDSON *et al.*, 1983)。アルジェリアのナラ林の土壌に及ぼす火の影響について調べたところ、pH は火災の 5 ヶ月後に急速に増加したが、14~21 ヶ月でその半分になった。有機態炭素、全窒素、無機窒素は 5 ヶ月後には増加していたが、21 ヶ月後には無被害地の土壌より少なくなった (RASHID, 1987)。

fire prevention and suppression

火災の予防、消火の研究も多彩である。イタリアでは、航空機を利用した火災防御法について解説したものが多く (CALABRI, 1979; BARONI, 1981)。ヘリコプターを火災防御に使用しても、火災数の減少にはつながらないし、コストがかさむのでよくないという報告もある (REDDELL & MALAJCZUK, 1984)。フランスでは、防火線の保守管理に 2,4,5-T のような除草剤がよく使われ、その効果や使用法についての解説がある (DELABRAZE *et al.*, 1981; MARECHAL *et al.*, 1983a; MARECHAL *et al.*, 1983b; MARECHAL *et al.*, 1983c)。ソビエトではカラマツ林内に、1.4m 幅で土壌をはぎ取り防火線を作り、その有効性について検討している。火入れ実験の結果では、農地のような開けた場所からの火災に対しては、少なくとも 2 m 以上の幅が必要であることがわかった (KUZNETSOV, 1985)。また若い針葉樹植林地を火災から守るために、ポプラやカラマツのような防火性の高い木で防火樹帯を作る例がある。それによると 6~10 例 (15~25m 幅) のものを、植林地から 100~150m ほど離れた所に作るのが良いという (SHESHUKOV *et al.*, 1986)。

以上世界各国の林野火災に対する研究面での取り組みを紹介してきたが、最後にわが国での林野火災研究の成果をみってみることにしよう。

日本の林野火災研究

わが国においても林野火災の研究は古くから行なわれているが、ここでは最近数年間の成果を中心にまとめてみた。

fuel study, fire behavior and weather

この分野の研究では、気象と火災発生・拡大との関連について扱うことになる。気圧配置と気象要素とから、統計的に林野火災の発生を予測する方法 (消防庁、

1986)もあるが、ここではより積極的に気象との関連を研究した報告を紹介する。1983年4月27日に東北地方で多発した林野火災は、この分野の研究の発展にも寄与した。まず、火災発生時の異常乾燥強風は、乾燥した気象条件と上空の強風に加え、日射で地面が加熱され、下層大気不安定化で鉛直混合が強まり上空の一般風が地上までほぼ一様化された結果であることが明らかにされた(近藤, 1983)。乾燥した気象条件はそれ自体が可燃物の燃え易さに関係することはいうまでもない。この点について、大規模な火災発生に至った原因としては、数日前からの異常乾燥が重要であり、当日の強風と重なったため多発・規模拡大に至ったとする報告がある(設楽, 1987)。近藤の研究では、強風の事前予測の可能性が示され、警報によって火の扱いに対する注意が呼びかけられることの必要性が説かれた。これに対して設楽の研究では、fuel studyの側面がより意識されているといえる。

可燃物や火動態の研究は日本ではあまり進んでいなかったが、最近、山下(1988)の研究によってこの分野は大きく進歩した。まず林野火災の危険性は可燃物の量、種類及び含水率に依存することから、いくつかの森林で立地条件と可燃物量との関係を調べた。そしてこれらの可燃物の含水率の月変化を観測し、地被物が密に堆積したところで乾燥速度が遅いことを明らかにした。また林内可燃物の発炎時間と発炎温度を実験によって確かめ、これらが含水率、寸法、形状等の多くの因子によって変わることを示し、各種の林内可燃物の燃え易さを発炎温度と発炎時間とから1～5級に分類した。さらに林野火災の燃焼、延焼危険は地被物の堆積密度が小さいときに、着火、残火危険は堆積密度が大きいときに高くなることを明らかにした。延焼に及ぼす斜面と風の影響を明らかにするため、単純上がり斜面及び尾根型の地形模型を使って延焼実験を行い、斜面に沿って燃え上がる場合と燃え下がる場合の延焼速度の相違を明らかにした。これにより風上斜面の稜線付近では、延焼速度が加速的に増大することがわかった。これら一連の実験結果をもとに、火災現場付近の局地風を組み込んだ延焼予測法について検討し、コンピュータを用いて、林野火災の経時的な延焼範囲を立体的に表示する方法を開発した。この研究は明らかに、アメリカにおける林野火災危険度評価システムの日本版を目指すものであり、火動態の研究がわが国においては非常に手薄であっただけに、今後の発展が望まれる。

中根ら(1988)は林野火災の焼止まり線の植生及び地形を調べた。焼止まり線になっている林分は、シダの植被率が低く、上層木の被度が高く、Ao層中のアカ

マツ葉の割合が高かった。地形的には谷部に多かったが、尾根や斜面上部でもみられた。焼止まり線はこれらどの地形でも常緑広葉樹が優先する林が多いことを確かめた。

fire effects

火の影響についての研究はわが国でも多い。瀬戸内地方のアカマツ林の、火災跡の植生回復についての一連の報告がある(中越ら, 1980; 中越ら, 1982; 中越・根平, 1982; 中越ら, 1983; 中根ら, 1983; 中越ら, 1984)。これらの研究を通し、火災跡の初期再生では、回復の主体は萌芽再生による木本及び地下栄養体からの草本であり、埋土種子からの再生が現存量に占める割合は極めて小さいこと、火災跡地の落下種子は、そこで生産された種子が多く、火災跡地の植物が火災後短期間で種子生産を開始すること、しかもその落下種子の一部が焼け跡で発芽・定着して植生回復に関与していること、火災跡地の種子バンクは初期には極めて貧弱であるが、植生回復が進むと休眠性の高い木本種子が増えるため種子バンクが発達してくること、瀬戸内地方では、火災による裸地→ダンドボロギク→ベニバナボロギク群集→アカメガシワ→マルバハギ群落→アカマツ→コバノミツバツツジ群集→火災による裸地、といった循環的な遷移が起きていること、微地形により植生回復に異なった過程があり、しかもそれが斜面・侵食プロセスと深くかかわっていること等が明らかにされた。これ以降各地で林野火災跡の植生回復が調べられているが、この一連の研究はそれらの基礎になっているものと思われる。

井上ら(1987)は林野火災跡地の水土の流出特性を調べ、植生が枯れて、地表が露出している時期(2～3月)と地表が乾燥している時期(8～9月)に流出が多く、植生の生育状況、地表の乾湿によって表面流出に周期性が現われることを明らかにした。

1983年4月27日に東北地方で多発した林野火災を契機に、東北地方を中心に林野火災の影響についての調査研究が進められ、多くの成果があげられた(たとえば飯泉, 1987)。

fire prevention and suppression

この分野の研究例は日本では少ない。ここでは最近出された2種の報告書を紹介しておく。ひとつは空中消火の有効活用に関するもので、過去に空中消火を実施した林野火災事例について調査を行なって、問題点及び改善すべき点を把握し、現在一般化されている指揮連絡体制、空中消火基地、空中消火用資機材及び消火剤散布方式について見直しを行なっている(消防庁,

1987)。もうひとつは森林レクリエーション利用の増大に対応する林野火災対策に関するもので、岡山県を例に、森林利用者の防火意識や、森林所有者の火災予防対策についてアンケートを主体とした調査を行なっている（林野庁、1988）。

この分野の特殊な例として防火樹の研究がある。この研究の歴史は関東大震災火災の跡地調査から始まるが、実証的な研究例は少なく、せいぜい葉を一枚熱してその変化をみる程度であった。しかし、数年前から根のある生きた樹木や樹林を用いた実験が行なわれるようになった。岩河（1984）は数種の樹木を用いて、様々な角度から防火効果についての実験を行ない、樹木の防火機能の活用を検討した。山下（1985）も同様の実験を行い、樹木の延焼防止効果を確かめた。防火樹の研究は、主に都市防火対策への活用を目指して行なわれているが、他の国では研究例が少なく、わが国特有のものといえよう。

おわりに

林野火災は植生や気象条件の影響を大きく受けるので、その研究も各国各様で実に様々である。同じ火災の影響について扱ったものでも、全く異なる結果がでることもあり、他の国でうまくいった火に対する施策が、そのまま別の国にも当てはまるとは限らない。しかしそれでも、アメリカをはじめとして、オーストラリアやカナダなど火災研究の進んでいる国々の、林野火災に対する取り組みを通覧していると、ある共通した思想のようなものが浮かび上がってくる。それは、森林にとっての火の役割を十分に把握した上で、森林から火を排除するのではなく、火を人間の手で管理しようという姿勢である。そして研究面においても、個々に火という現象を扱っているのではなく、火管理の下に位置づけられ、関連づけられているのである。これは単に、自然発生の火災が多いからとか、森林面積が広いからという理由からだけではない。火管理のさらに上位にある森林管理に対する認識の違いが、そもそも存在しているように思われるのである。

日本の林野火災の研究は古く、すでに明治時代から様々な調査研究が行なわれ、多くの成果が蓄積されてきた。しかし、これらの研究はそれぞれが別個のものとして扱われ、研究分野間のつながりがうすかったように思われる。

火災だけではなく、雪害や風害など、わが国でも森林災害と呼ばれるものには様々なものがあり、それぞれに取り組みが成されている。しかし、日本の森林の将来を考えた上で、森林管理のあるべき姿、そしてその中での森林災害の位置づけについて、今一度考え直

してみる必要があるのではなかろうか。

用語解説（PYNNE, 1984による）

fuel：可燃物

燃焼して熱を発生する全ての物質。

林野に存在する全ての可燃物を指し、live fuel（樹木、草の地上・地下部など）と、dead fuel（倒木、落葉、落枝、腐植など）とに分類される。また、存在位置から、aerial fuel, surface fuel, ground fuel に分けて考えられることもある。さらに、これらの総称として fuel complex という呼び方もされる。

同一種類の群落では、可燃物のタイプは類似するため、生態学的な分類によって、fuel complex も分類されることになるが、それだけでは、火動態を決める可燃物のパラメータといった量的な情報が欠落してしまう。fuel model では、そのような群落タイプの分類に加えて、可燃物の熱力学・化学特性が表現される必要がある。

可燃物の燃焼は、可燃物に固有な性質と含水量とによって決まるので、両者の関係は可燃物に関する研究 fuel study の主要なテーマとなる。

fire prevention：火災予防

火災の発生を防止することを目的とする防火活動

火管理 fire management の一分野で、原因調査、予防法（教育、工事、予め火入れをしてしまうといった強制的手段）等が含まれる。さらに、乾燥時の落雷による火災では、先にあげた方法では予防が難しく、早期発見がより有効である。そのため、火災の検知法も含めて考えられることがある。

fire suppression：火防御

火災を鎮圧し消火する現場活動、fire fighting とも呼ばれる。

アメリカでは、当初火災は総て消火されるべきものと考えられていたが、林野火災に対する考え方の変化にともない、必要な場合にだけ消火活動が行われるようになった。林野火災が発見されると、decision chart による検討がなされ、消火対象区域で起こった火災か否か、NFDRS モデルの指標値、あるいは大気汚染への影響等を勘案して、消火活動が行われるかどうかが決定される。

NFDRS：National Fire-Danger Rating System

USDA Forest Service によって開発された、林野火災危険度の相対指標。総合指標と、発生、燃焼、火災負荷に関する指標が、火の動態を示す拡大、エネルギー放出、着火の3要素にリスク（落雷と人為による）を考慮して決められる。

fire history：火の履歴

主に年代学・生態学的手法によって、過去の火の履歴を追跡し、適切な土地管理（利用）に資するための研究分野。

prescribed fire：火入れ

土地管理の目的を達成するための火を、prescribed fireと呼ぶ。計画された区域内で、しかも火動態が予め定めた範囲内なら、計画的に点火されたものであるかどうかは問わない。

prescribed fireは、通常①火災危険の除去、②育林、③用地準備、④野生生物生息域管理、⑤荒野管理、⑥病虫害抑制、⑦特定生物種に対する操作などを目的に行われ、事前に prescribed fire plan に基づいて詳細に検討されて、点火のタイミングが決定される。検討項目は、可燃物のタイプ、気温、風向・風速、相対湿度、降雨からの経過日数、部位ごとの可燃物の含水量、予想される炎の高さ、NFDRS各指標、点火法、点火日時、防火線、人手、用具など、多岐に渡る。さらに実行後に、実際の気象、可燃物の含水量、火動態のチェックがなされ、prescribed fireの効果が評価される。

また、プランに従わずにたまたま発生した火災でも、fire suppressionの項で説明した decision chart に照らして消火対象外と判断されれば、消火活動は行われずにそのまま監視されることになる。これを prescribed natural fireと呼ぶ。

一方、wild fireはprescribed fireの対立概念であり、人間によるコントロールが行われていない火災を指す。

文 献

- 飯泉 茂編(1987)：林野火災の生態，日産科学振興財団助成「林野火災の拡大機構とその跡地における生態機構の回復過程に関する研究」研究報告集，341 pp
- 井上章二・小川 滋・江崎次夫・丹原守雄・岸原信義(1987)：林野火災跡地における水土の流出特性に関する研究，日林誌，69，401-406
- 岩河信文(1984)：都市における樹木の防火機能に関する研究，建築研究報告，105，213 pp
- 近藤純正(1983)：東北地方多地点一斉大規模山林火災を誘発した1983年4月27日の異常乾燥強風(1)，天気，30，545-552
- 中越信和・知念民雄・堀 信行・根平邦人(1984)：アカマツ林の山火跡地における植生回復，VI 地形の影響，広島大学総合科学部紀要IV，9，41-65
- 中越信和・中根周歩・今出秀樹・根平邦人(1980)：アカマツ林の山火跡地における植生回復，I 初期段階の種組成，構造及び現存量，広島大学総合科学部紀要IV，6，69-113
- 中越信和・根平邦人(1982)：アカマツ林の山火跡地における植生回復，III 対照アカマツ林，広島大学生物学会誌，48，7-16
- 中越信和・根平邦人・今出秀樹・中根周歩(1982)：アカマツ林の山火跡地における植生回復，II 落下種子の動態，広島大学総合科学部紀要IV，7，95-126
- 中越信和・根平邦人・中根周歩(1983)：アカマツ林の山火跡地における植生回復，IV 初期段階の埋度種子，広島大学総合科学部紀要IV，8，87-110
- 中根周歩・根平邦人・中越信和・高松修治(1983)：アカマツ林の山火跡地における植生回復，V 播種(主に牧草類)の影響について，広島大学総合科学部紀要IV，8，111-126
- 中根周歩・山崎裕実・根平邦人・福岡義隆(1988)：林野火災の防炎的研究(I)，焼止まり線について，日林誌，70，111-118
- 林野庁(1988)：森林レクリエーション利用の増大に対応する林野火災対策に関する調査報告書，69 pp
- 設楽 寛(1987)：林野火災の拡大と気象条件，林野火災の生態(飯泉 茂編)，日産科学振興財団助成「林野火災の拡大機構とその跡地における生態機構の回復過程に関する研究」研究報告集，5-10
- 消防庁(1986)：大規模林野火災発生予知システム開発調査報告書，160 pp
- 消防庁(1987)：空中消火の有効活用に関する調査研究報告書，176 pp
- 津田 智・飯泉 茂・菊池多賀夫・三浦 修(1985)：火生態学(Fire Ecology)に関する文献集，東北大学理学部植物生態学研究室，177 pp
- 山下邦博(1985)：水幕と樹木の併用による延焼防止効果向上に関する研究報告書，消防研究所技術資料，15，60 pp
- 山下邦博(1988)：林野火災の飛火延焼に関する研究，消防研究所研究資料，21，149 pp
- ABBOTT, I. (1984): Changes in the abundance and activity of certain soil and litter fauna in the jarrah forest of Western Australia after a moderate intensity fire, Australian J. Soil Res., 22, 463-469
- ADAMS, P.W. and BOYLE, J.R. (1982): Soil fertility changes following clearcut and whole-tree harvesting and burning in central Michigan, Soil Sci. Soc. America J., 46, 638-640
- AHLGREN, C.E. (1979): Buried seed in prescribed-burned jack pine forest soils, northeastern Minnesota, Minnesota For. Res. Notes, No.

- 272, 3 pp.
- ALBINI, F.A. (1979): Spot fire distance from burning trees—a predictive model, General Technical Report, USDA For. Serv., INT-56, 73 pp.
- ALBINI, F.A. (1981): Spot fire distance from isolated sources—extensions of a predictive model, Research Note, USDA For. Serv., INT-309, 9 pp.
- ALBINI, F.A. (1983): Potential spotting distance from wind-driven surface fires, Research Paper, USDA For. Serv., INT-309, 27 pp.
- ALMENDROS, G., POLO, A., IBANEZ, J.J. and LOBO, M.C. (1984): Effect of forest fires on the soil organic matter, *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, 21, 7-20
- ALMENDROS, G., POLO, A., LOBO, M.C. and IBANEZ, J.J. (1984): Effect of forest fires on the soil organic matter. 2. Humus transformations by burning in controlled laboratory conditions, *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, 21, 145-160
- ANDERSON, H.E. (1984): Calculating fire size and perimeter growth, *Fire Management Notes*, 45, 25-30
- ANDREWS, P.L. (1986): BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system—BURN subsystem, part I, General Technical Report, USDA for. Serv., INT-194, 30 pp.
- ARNO, S.F. and PETERSEN, T.D. (1983): Variation in estimates of fire intervals: a closer look at fire history on the Bitterroot National Forest, Research Paper, USDA For. Serv., INT-301, 8 pp.
- BARA, S. and VEGA, J.A. (1983): Effects of wild fires on forest soil in the northwest of Spain, *Freiburger Waldschutz-Abhandlungen*, 4, 181-195
- BARNEY, R.J. and PETERS, J.W. (1983): Jeep-mounted fireline plow unit, *Fire Management Notes*, 44, 18-19
- BARONI, A. (1981): The helicopter in forest fire control. First trials in Tuscany, *Italia Forestale e Montana*, 36, 34-45
- BELLINGER, M.D., KAISER, H.F. and HARRISON, H. A. (1983): Economic efficiency of fire management on nonfederal forest and range lands, *J. For.*, 81, 373-375, 378
- BERGERON, Y. and GAGNON, D. (1987): Age structure of red pine (*Pinus resinosa* Ait.) at its northern limit in Quebec, *Canadian J. For. Res.*, 17, 129-137
- BLAIR, R.W., THOMPSON, S.A. and CLARK, R.L. (1983): Analysis of failures of lift-type fireplows, Paper, American Soc. Agric. Eng., No. 83-1608, 11 pp.
- BLANK, R.W., SIMARD, A.J. and EENIGENBURG, J. E. (1985): A tester for measuring the moisture content of dead fine fuels, *Fire Management Notes*, 46, 8-12
- BLATTENBERGER, G., HYDE, W.F. and MILLS, T.J. (1984): Risk of fire management decisionmaking: techniques and criteria, USDA For. Serv., PSW-80, pp.
- BOERNER, R.E.J. (1983): Nutrient dynamics of vegetation and detritus following two intensities of fire in the New Jersey pine barrens, *Oecologia*, 59, 129-134
- BOWMAN, D.M.J.S. and KIRKPATRICK, J.B. (1986): Establishment, suppression and growth of *Eucalyptus delegatensis* R.T. Baker in multiaged forests. I. The effects of fire on mortality and seedling establishment, *Australian J. Botany*, 34, 63-72
- BRADSHAW, L.S., DEEMING, J.E., BURGAN, R.E. and COHEN, J.D. (1984): The 1978 National Fire-Danger Rating System: Technical documentation, General Technical Report, USDA For. Serv., INT-169, 44 pp.
- BRATTEN, F.W. (1982): Probability model for analyzing fire management alternatives: theory and structure, USDA For. Serv., PSW-66, 11 pp.
- BROWN, J.K. and DeBYLE, N.V. (1987): Fire damage, mortality, and suckering in aspen, *Canadian J. For. Res.*, 17, 1100-1109
- BURESTI, E. and SULLI, M. (1983): The course of forest fires in relation to atmospheric conditions from 1963 to 1981 in the province of Varese, Italy: testing of a method of fire risk assessment, *Annali dell'Istituto per la Selvicoltura*, Italy, 14, 329-352
- BURGAN, R.E. and SUSOTT, R.A. (1986): Fire danger computations with the Hewlett-Packard

- HP-71B calculator, General Technical Report, USDA For. Serv., INT-1999, 16 pp.
- CALABRI, G. (1979): The use of aircraft in forest fire fighting in Italy, *Montanaro d'Italia-Monti e Boschi*, 30, 69-73
- CANADIAN FORESTRY SERVICE (1984): Canadian Forest Fire Weather Index System, Forestry Technical Report, Canadian For. Serv., 25, 48 pp.
- CLEMENTS, H.B. and McMAHON, C.K. (1984): A microcombustion method to measure forest fuel emissions, *J. For. Sci.*, 2, 260-275
- COHEN, J.D. and DEEMING, J.E. (1985): The National Fire-Danger Rating System: basic equations, General Technical Report, USDA For. Serv., PSW-82, 16 pp.
- CORRADO, G. (1981): Forest fires in Italy: causes and control measures, *Montanaro d'Italia-Monti e Boschi*, 32, 55-63
- COVINGTON, W.W. and SACKETT, S.S. (1984): The effect of a prescribed burn in southwestern ponderosa pine on organic matter and nutrients in woody debris and forest floor, *For. Sci.*, 30, 183-192
- CRANE, M.F., HABECK, J.R. and FISCHER, W.C. (1983): Early postfire regeneration in a western Montana Douglas-fir forest, Research Paper, USDA For. Serv., INT-319, 32 pp.
- DAVIS, J.B. (1979): A new fire management policy for Forest Service lands, *Fire Technology*, 15, 43-50
- DEKA, H.K. and MISHRA, R.R. (1983): The effect of slash burning on soil microflora, *Plant and Soil*, 73, 167-175
- DELABRAZE, P., MARECHAL, J. and VALETTE, J.C. (1981): Early sensitivity of four forest species to the rates of 2,4,5-T and triclopyr, recommended for the maintenance of fire breaks in the Mediterranean region, *Compte Rendu de la 11e Conference du COLUMA*, Tome 2, 587-596
- DIAZ-FIERROS V., F., BENITO RUEDA, E. and PEREZ MOREIRA, R. (1987): Evaluation of the U.S.L.E. for the prediction of erosion in burnt forest areas in Galicia (N.W. Spain), *Catena*, 14, 189-199
- DIAZ-FIERROS V., F., GIL SOTRES, F., CABANEIRO, A., CARBALLAS, T., LEIROS DE LA PENNA, M.C. and VILLAR CELORIO, M.C. (1982): Soil erosion caused by forest fires in Galicia, *Anales de Edafologia y Agrobiologia*, 41, 627-639
- DICHENKOV, N.A. (1985): Drying out of forest fuels, *Lesnoi Zhurnal*, No. 2, 119-122
- DIMITRAKOPOULOS, A.P. (1987): Calibrating the initial attack analysis process, *Fire Management Notes*, 48, 23-24
- DOUGLASS, J.E. and LEAR, D.H. van (1983): Prescribed burning and water quality of ephemeral streams in the Piedmont of South Carolina, *For. Sci.*, 29, 181-189
- EAKLE, T.W. and WAGLE, R.F. (1979): Method of estimating ground fuels under two inches in diameter in southwestern ponderosa pine stands, Research Note, USDA For. Serv., PNW-333, 8 pp.
- ELY, J.B. (1983): 'A whole new way to fight fire'. The development of air tankers in California, *J. For. History*, 27, 76-85
- FELLER, M.C. and KIMMINS, J.P. (1984): Effects of clearcutting and slash burning on streamwater chemistry and watershed nutrient budgets in southwestern British Columbia, *Water Resour. Res.*, 20, 29-40
- FELLIN, D.G. (1980a): Effect of silvicultural practices, residue utilization and prescribed fire on some forest floor arthropods, USDA For. Serv., INT-90, 287-316
- FELLIN, D.G. (1980b): Populations of some forest litter, humus, and soil arthropods as affected by silvicultural practices, residue utilization, and prescribed fire, USDA For. Serv., INT-90, 317-334
- FISCHER, W.C. (1984): Wilderness fire management planning guide, USDA For. Serv., INT-171, 56 pp.
- FLOWERS, P. J., VAUX, H.J.Jr., GARDNER, P.D. and MILLS, T.J. (1985): Changes in recreation values after fire in the Northern Rocky Mountains, USDA For. Serv., PSW-373, 6 pp.
- FOGLIA, P. (1982): Direct prevention of forest fires, *Italia Forestale e Montana*, 37, 264-273
- FREEDMAN, J.D. and HABECK, J.R. (1985): Fire, logging, and white-tailed deer interrelationships in the Swan Valley, northwestern Montana, USDA For. Serv., INT-186, 23-35
- FUQUAY, D.M., BAUGHMAN, R.G. and LATHAM, D. J. (1979): A model for predicting lightning fire

- ignition in wildland fuels, Research Paper, USDA For. Serv., INT-217, 217 pp.
- GARDNER, P.D., CORTNER, H.J., WIDAMAN, K. F. and STENBERG, K.J. (1985): Forest-user attitudes toward alternative fire management policies, *Environmental management*, 9, 303-311
- GEISZLER, D.R., GARA, R.I. and LITTKE, W.R. (1984): Bark beetle infestations of lodgepole pine following a fire in South Central Oregon, *Zeitschrift fur Angewandte Entomologie*, 98, 389-394
- GEORGE, C.W. (1985): An operational retardant effectiveness study, *Fire Management Notes*, 46, 18-23
- GORELOVA, N.B. and KOVALEVSKII, Yu. V. (1985): The influence of forest fires on the numbers and spatial structure of a population of the taiga tick, *Parazitologiya*, 19, 268-272
- GROVE, T.S., O'CONNELL, A.M. and DIMMOCK, G. M. (1986): Nutrient changes in surface soils after an intense fire in jarrah (*Eucalyptus marginata* Donn ex Sm.) forest, *Australian J. Ecol.*, 11, 303-317
- HAINES, D.A., MAIN, W.A., FROST, J.S. and SIMARD, A.J. (1983): Fire-danger rating and wildfire occurrence in the Northwestern United States, *For. Sci.*, 29, 679-696
- HALVORSON, C.H. (1982): Rodent occurrence, habitat disturbance, and seed fall in a larch-fir forest, *Ecology*, 63, 423-433
- HARRINGTON, J.B., FLANNIGAN, M.D. and WAGNER, C.E. van (1983): A study of relation of components of the Fire Weather Index to monthly provincial area burned by wildfire in Canada 1953-80, Information Report, Petawawa National Forestry Institute, PI-X-25, 65 pp.
- HEINSELMAN, M.L. (1978): Fire in wilderness ecosystems, USDA For. Serv. Miscel. Publ., 1365, 248-278
- HUDSON, J., KELLMAN, M., SANMUGADAS, K. and ALVARADO, C. (1983): Prescribed burning of *Pinus oocarpa* in Honduras. II. Effects on nutrient cycling, *For. Ecology and Management*, 5, 283-300
- HUFF, M.H., AGEE, J.K. and MANUWAL, D.A. (1985): Postfire succession of avifauna in the Olympic Mountains, Washington, General Technical Report, USDA For. Serv., INT-186, 8-15
- JACOBS, D.F., COLE, D.W. and MCBRIDE, J.R. (1985): Fire history and perpetuation of natural coast redwood ecosystems, *J. For.*, 83, 494-497
- JIA, S.Q., YAO, S.R. and HAO, F.Z. (1987): Analysis of weather system causing catastrophic forest fire in Daxingan mountain area, *J. Northwest For. Univ., China*, 15, 92-98
- JOHANSEN, R.W. and PHERNETTON, R.A. (1982): Smoke management on the Okefenokee National Wildlife Refuge, *Southern J. Appl. For.*, 6, 200-205
- JOHNSINGH, A.J.T. (1986): Impact of fire on wildlife ecology in two dry deciduous forests in south India, *Indian Forester*, 112, 933-938
- JOHNSON, V.J. (1984): Estimating moisture content in litter, *Southern J. Appl. For.*, 8, 197-201
- JURGENSEN, M.F., HARVEY, A.E. and LARSEN, M. L. (1981): Effects of prescribed fire on soil nitrogen levels in a cutover Douglas-fir/western larch forest, USDA For. Serv., INT-275, 6 pp.
- KAILIDES, D.S., PANIERA, S. and HATZENIKOLAOU, K. (1984): Relationship of forest fires to temperature, Wind and air humidity in Attica, *Dasika Hronika*, 27, 20-24
- KARLIKOWSKI, T. (1981): Forecasting forest fire risk by IBL method, *Prace Instytutu Badawczego Lesnictwa, Poland*, No. 578, 1-72
- KELLAS, J.D., INCOLL, W.D. and SQUIRE, R.O. (1984): Reduction in basal area increment of *Eucalyptus obliqua* following crown scorch, *Australian For.*, 47, 179-183
- KLEIN, D.R. (1982): Fire, lichens, and caribou, *J. Range Management*, 35, 390-395
- KOMAROVA, T.A. (1986): Role of forest fires in germination of seeds dormant in the soil, *Soviet J. Ecol*, 16, 311-315
- KUZNETSOV, Yu. A. (1985): The optimum width of protective firebreaks in the conditions east of Lake Baikal, *Lesnoe Khozyaistvo*, No. 8, 62-64
- LATHAM, D.J. (1979): Progress toward locating lightning fires, Research Note, USDA For. Serv. INT-269, 6 pp.
- LATHAM, D. (1983): LLAFFS-a lightning-locating and fire-forecasting system, Research Paper, USDA For. Serv., INT-315, 44 pp.

- LITTLE, S.N., WARD, F.R. and SANDBERG, D.V. (1982): Duff reduction caused by prescribed fire on areas logged to different management intensities, USDA For. Serv., PNW-397, 8 pp.
- LOOMIS, R.M. and MAIN, W.A. (1980): Comparing jack pine slash and forest floor moisture contents and national fire danger rating system predictions, Research Paper, USDA For. Serv., NC-189, 10 pp.
- LYON, L.J. and MARZLUFF, J.M. (1985): Fire's effects on a small bird population, USDA For. Serv., INT-186, 16-22
- MADANY, M.H., SWETNAM, T.W. and WEST, N.E. (1982): Comparison of two approaches for determining fire dates from tree scars, For. Sci., 28, 856-861
- MAITHANI, G.P., BAHUGUNA, V.K. and PYARE LAI (1986): Effect of forest fire on the ground vegetation of a moist deciduous sal forest, Indian For., 112, 646-678
- MAJER, J.D. (1984): Short-term responses of soil and litter invertebrates to a cool autumn burn in Jarrah forest in Western Australia, Pedobiologia, 26, 229-247
- MARECHAL, J., DELABRAZE, P. and VALETTE, J.C. (1983a): Maintenance of firebreaks in Provence with herbicides for uncropped areas: assessment of their effectiveness 4 years after application, Comptes rendus de la 12e conference du COLUMA. Tome III., 299-307
- MARECHAL, J., DELABRAZE, P. and VALETTE, J.C. (1983b): Maintenance of firebreaks planted with shrubs in Provence: effectiveness of triclopyr ester, Comptes rendus de la 12e conference du COLUMA. Tome III., 287-297
- MARECHAL, J., DELABRAZE, P. and VALETTE, J.C. (1983c): Sensitivities of young cedar, *Cedrus atlantica* Manetti and Caucasian fir, *Abies nordmanniana* Spach, to the rates of 2,4,5-T and triclopyr approved for firebreaks in the Mediterranean region, Comptes rendus de la 12e conference du COLUMA. Tome III., 281-285
- MARKALAS, S. (1985): Laboratory experiments on the role of cigarette ends in igniting forest fires, Allgemeine Forstund Jagdzeitung, 156, 193-197
- MARSDEN, M.A. (1983): Modeling the effect of wildfire frequency on forest structure and succession in the Northern Rocky Mountains, J. Environmental Management, 16, 45-62
- MATHUR, R.S., GOGATE, M.G. and MITTAL, R.C. (1984): Forest fire danger rating indices based on climate—a case study of West Dehra Dun Forest Division, Indian Forester, 110, 223-241
- MATSON, P.A., VITOUSEK, P.M., EWEL, J.J., MAZZARINO, M.J. and ROBERTSON, G.P. (1987): Nitrogen transformations following tropical forest felling and burning on a volcanic soil, Ecology, 68, 491-502
- McALPINE, R.S. and EIBER, T.G. (1985): The Canadian Forest Fire Weather Index System as a predictor of total soil moisture content as estimated by the Thornthwaite water balance, Canadian J. For. Res., 15, 1194-1195
- McBRIDE, J.R. (1983): Analysis of tree rings and fire scars to establish fire history, Tree-Ring Bull., 43, 51-67
- McCOOL, S.F. and STANKEY, G.H. (1986): Visitor attitudes toward wilderness fire management policy-1971-84, USDA For. Serv., INT-357, 7 pp.
- McDERMOTT, J.A., MIYATA, E.S. and DYKEMAN, K. K. (1984): Mountain-climbing backhoes, Paper, American Soc. Agric. Eng., No. 84-1627, 23 pp.
- McKEE, W.H., Jr. (1982): Changes in soil fertility following prescribed burning on coastal plain pine sites, USDA For. Serv., SE-234, 23 pp.
- McNEIL, R.C. and ZOBEL, D.B. (1980): Vegetation and fire history of a ponderosa pine-white fire forest in Crater Lake National Park, Northwest Sci., 54, 30-46
- MEES, R.M. (1985): Simulating initial attack with two fire containment models, Research Note, USDA For. Serv., PSW-378, 7 pp.
- MEIKLE, S. and HEINE, J. (1987): A fire danger index system for the Transvaal Lowveld and adjoining escarpment areas, South African For. J., No. 143, 55-56
- METER, W.P. van, GEORGE, C.W. and JOHNSON, C. W. (1985): Chemical analysis procedures for forest fire retardant constituents, General Technical Report, USDA For. Serv., INT-181, 25 pp.
- MILLS, T.J. and FLOWERS, P.J. (1985): Fire-induced changes in net value of timber: a

- sensitivity analysis, *Canadian J. For. Res.*, 15, 973-981
- MILLS, T.J. and FLOWERS, P.J. (1986): Wildfire impacts on the present net value of timber stands: illustrations in the northern Rocky Mountains, *For. Sci.*, 32, 707-724
- MOORE, B.A. (1978): The role of aircraft against wild fires in eastern North Carolina, *Fire Management Notes*, 39, 12-13, 18
- MROZ, G.D., JURGENSEN, M.F., HARVEY, A.E. and LARSEN, M.J. (1980): Effects of fire on nitrogen in forest floor horizons, *Soil Sci. Soc. America J.*, 4, 395-400
- MURAD, J.L., BERRY, C.W., HARRISON, R.E., MALONE, W.M. and ROBERTS, C.S. (1979): Prescribed burning and nematode interaction in the soil of a southern pine forest (in Louisiana), *Bull., School For., Louisiana Tech. Univ.*, 12, 70 pp.
- MUTCH, R.W. (1970): Wildland fires and ecosystems—a hypothesis, *Ecology*, 51, 1046-1051
- NELSON, R.M., Jr. (1982): An evaluation of the carbon balance technique for estimating emission and fuel consumption in forest fires, *USDA For. Serv.*, SE-231, 9 pp.
- NELSON, R.M., Jr. (1984): A method for describing equilibrium moisture content of forest fuels, *Canadian J. For. Res.*, 14, 597-600
- NORUM, R.A. and FISCHER, W.C. (1980): Determining then moisture content of some dead forest fuels using a microwave oven, *Research Note, USDA For. Serv.*, INT-277, 7 pp.
- O'CONNELL, A.M. and MENAGE, P. (1983): Decomposition of litter from three plant species of jarrah forest in relation to site fire history and soil type, *Australian J. Ecology*, 8, 277-286
- PETERSON, D.L. (1983): Estimating postfire timber damage with a simulation model, Preprint volume: Seventh Conference on Fire and Forest Meteorology, Fort Collins, Colorado, April 25-29, 1983, *American Meteor. Soc.*, Boston, Massachusetts, 159-162
- PETERSON, D.L. and RYAN, K.C. (1986): Modeling postfire conifer mortality for long-range planning, *Environmental Management*, 10, 797-808
- PITCHER, D.C. (1987): Fire History and age structure in red fir forests of Sequoia National Park, California, *Canadian J. For. Res.*, 17, 582-587
- POTTS, D.F., RYAN, K.C. and LOVELESS, R.S., Jr. (1984): A procedure for estimating duff depth, *Fire Management Notes*, 45, 13-15
- PRATT, D.W. (1983): Buried viable seed in a ponderosa pine community, *For. Abs.*, 44, 627-628
- PYNE, S.J. (1984): Introduction to wildland fire—fire management in the United States, Wiley-Interscience, New York, 455 pp.
- RAISON, R.J., WOODS, P.V. and KHANNA, P.K. (1986): Decomposition and accumulation of litter after fire in sub-alpine eucalypt forests, *Australian J. Ecol.*, 11, 9-19
- RASHID, G.H. (1987): Effects of fire on soil carbon and nitrogen in a mediterranean oak forest of Algeria, *Plant and Soil*, 103, 89-93
- REDELLE, P. and MALAJCZUK, N. (1984): Formation of mycorrhizae by jarrah in litter and soil, *Australian J. Botany*, 32, 511-520
- REDMOND, K.T., DEEMING, J.E. and MURPHY, A.H. (1983): An analysis of daily precipitation data to support management decisions regarding wilderness fires, *Proceedings, Eighth conference on probability and statistics in atmospheric sciences*, Hot Springs, Arizona, Nov. 16-18, 1983, *American Meteor. Soc.*, Boston, MA., 83-87
- RHOTHERMEL, R.C. (1983): How to predict the spread and intensity of forest and range fires, *USDA For. Serv.*, INT-143, 161 pp.
- ROMME, W.H. and KNIGHT, D.H. (1981): Fire frequency and subalpine forest succession along a topographic gradient in Wyoming, *Ecology*, 62, 319-326
- RUSSELL, E.W.B. (1983): Indian-set fires in the forests of the northeastern United States, *Ecology*, 64, 78-88
- SANDBERG, D.V. (1980): Duff reduction by prescribed underburning in Douglas-fir (in Washington and Oregon), *USDA For. Serv.*, PNW-272, 18 pp.
- SCHAEFER, M. (1980): Succession of arthropods in burned Scots pine forests. 2. Spiders and harvestmen, *Forstwissenschaftliches*

- Centralblatt, 99, 341-356
- SCHAUERMANN, J. (1980a): Succession of arthropods in burned Scots pine forests. 4. Mould beetles, Forstwissenschaftliches Centralblatt, 99, 366-371
- SCHAUERMANN, J. (1980b): The development of insect populations on burned pine plantation areas in the north-west German lowland, Entomologia Generalis, 6, 193-199
- SCHWEITZER, D.L., ANDERSEN, E.V. and MILLS, T. J. (1982): Economic efficiency of fire management programs at six National Forests, USDA For. Serv., PSW-157, 29 pp.
- SHEPPARD, P.R. and LASOIE, J.P. (1986): A non destructive method for dating living, fire-scarred trees in wilderness areas, General Technical Report, USDA For. Serv., INT-212, 35-38
- SHESHUKOV, M.A. (1983): Evaluating the speed of fire spread, Lesnoe Khozyaistvo, No. 4, 52-54
- SHESHUKOV, M.A., PESHKOV, V.V. and MIKHEL', V. A. (1986): Increasing the fire resistance of plantations, Lesnoe Khozyaistvo, No. 5, 53-55
- SMITH, E.L. (1984): Simulation modeling for wildfire suppression, Proceedings International AMSE Conference, Vol. 4, 219-228
- SOFRONOV, M.A. and VOLOKITINA, A.V. (1985a): Radiant energy as a factor in the drying of fuels beneath the canopy of stands, Lesovedenie, No. 4, 9-16
- SOFRONOV, M.A. and VOLOKITINA, A.V. (1985b): The main conductors of combustion in surface fires, Lesnoi Zhurnal, No. 5, 12-17
- STEELE, R., ARNO, S.F. and GEIER-HAYES, K. (1986): Wildfire patterns change Idaho's ponderosa pine-Douglas-fir forest, Western J. Appl. For., 1, 16-18
- TAMM, J.C. (1986): Five-year post-fire succession of the surface-dwelling Collembola inhabiting the floor of a pine forest in Lower Saxony, Pedobiologie, 29, 113-127
- TAYLOR, J.G., CORTNER, H.J., GARDNER, P.D., DANIEL, T.C., ZWOLINSKI, M.J. and CARPENTER, E.H. (1986): Recreation and fire management: public concerns, attitudes, and perceptions, Leisure Sci., 8, 167-187
- TESCH, S.D. and LYSNE, D.H. (1986): Is treetop skidding effective in reducing fuel loading?, Western J. Appl. For., 1, 13-15
- TURNER, J. and KELLY, J. (1981): Relationships between soil nutrients and vegetation in a North Coast forest, New South Wales, Australian For. Res., 11, 201-208
- UDILOV, V.P. and KISELEV, Ya. S. (1985): Predicting the latent spread of combustion with ground fires, Lesnoe Khozyaistvo, No. 8, 59-61
- VAUX, H.J.Jr., GARDNER, P.D. and MILLS, T.J. (1984): Methods for assessing the impact of fire on forest recreation, USDA For. Serv., PSW-79, 13 pp.
- VERRY, E.S. (1986): Forest harvesting and water: the Lake States experience, Water Res. Bull., 22, 1039-1047
- VOLOKITINA, A.V. (1984): Methods of evaluating the intensity of ground fires, Lesnoe Khozyaistvo, No. 9, 63-64
- WAGNER, C.E. van and PICKETT, T.L. (1985): Equations and FORTRAN program for the Canadian Forest Fire Weather Index system, Forestry Technical Report, Canadian For. Serv., 33, 18 pp.
- WARD, D.E. (1983): Particulate matter emissions for fires in the Palmetto-gallberry fuel type, For. Sci., 29, 761-770
- WEBER, M.G., HUMMEL, M. and WAGNER, C.E. van (1987): Selected parameters of fire behavior and *Pinus banksiana* Lamb. regeneration in eastern Ontario, For. Chronicle, 63, 340-346
- WELLINGTON, A.B. (1984): Leaf water potentials, fire and the regeneration of mallee eucalypts in semi-arid, south-eastern Australia, Oecologia, 64, 360-362
- WILGEN, B.W. van, MAITRE, D.C. le and KRUGER, F.J. (1985): Fire behavior in south African fynbos (macchia) vegetation and predictions from Rothermel's fire model, J. Appl. Ecol., 22, 207-216
- WILLIAMS, C.A. (1985): An evaluation of the national fire-danger rating system for three fuel models in North Carolina, For. Abs., 46, 657
- WINTER, K. (1980): Succession of arthropods in burned Scots pine forests. 3. Ground beetles, Forstwissenschaftliches Centralblatt, 99, 356-365
- WINTER, K., SCHAUERMANN, J. and SCHAEFER, M. (1980): Succession of arthropods in burned Scots pine forests. 1. Methods and general survey,

Forstwissenschaftliches Centralblatt, 99, 324-340
XU, Y.J. (1984): Correlation of forest fires and meteorological factors in Longyan Prefecture, Meteor. Monthly, No. 1, 16-17

ZHENG, H.N. and HU, H.Q. (1987): Forest burning link, J. Northeast Forestry Univ., China, 15, 1-6

土壌学と地理学をトータルにとらえた名著2冊揃う
「序説」は教科書、参考書として「特論」は研究者向けに

土壌地理学特論・1月刊

松井健著 A 5 判・上製・函入 3900円

主要目次＝土壌地理学における認識と方法／土壌地理学のケーススタディ／土壌粘土鉱物組成と土壌地理学日本の統一的土壌分類・命名体系試案／古土壌学／考古土壌学／環境土壌学／土壌地理学の農業外利用

土壌地理学序説・新刊

松井健著 A 5 判・上製・カバー装 2900円

主要目次＝土壌地理学とは／土壌の野外調査法／土壌の組成と性質／土壌の生成過程／土壌の生成因子／土壌分類／世界と日本の主な土壌／土壌の地理的分布

●小社へお申込みの際は、直接宅配便でも届きます。

㊦ 築地書館 東京都中央区築地2-10-12 〒104
☎03-542-3731 FAX03-541-5799 振替東京1-19057



「きのこの生物学」シリーズ[全8巻]刊行はじまる

きのこの利用―①

川合正允(協和発酵技術情報センター)著 A 5 判 2000円

食物としてのきのこ、きのこによる物質生産、自然界での役割に基づく利用と、三つの側面から詳説した。

きのこの実験法―②

——培養を主として

衣川堅二郎(近畿大学農学部)著 A 5 判 2000円

実験手引として、また栽培に役立つような基本的な培養法に焦点をあて、具体例をあげて解説した。

以下続刊＝きのこの遺伝と育種／きのこの一生／きのこの分類／きのこ木材／きのこ植物／きのこ動物

自然災害科学事典・88.8刊

松澤勲監修 A 5 判・602頁・上製・函入 12000円

130余名の第一線の研究者、技術者で2300項目を執筆した画期的な防災事典。巻末に欧文索引を付した。