

森林に降下するBHC

石田 紀 郎・石 丸 優・堤 利 夫

The amount of BHC fallout at the forest region

Norio Ishida, Yutaka Ishimaru, Toshio Tsutsumi

要 旨

ある環境内のBHCの挙動を把握すをために、過去にBHCが使用されておらず、かつ水文観測が行なわれている森林において、BHCの水による移動を調査した。

1. 林外雨・林内雨・樹幹流中にはBHCは常に検出されたが、流出水では痕跡程度にしか認められなかった。
2. 林外雨よりも、林内雨・樹幹流のBHC濃度が高く、樹体に付着した粉塵の影響が考えられる。
3. 森林に林外雨によって降下する全BHC量は397mg/ka/yearであり、林地に到達する全BHC量は547mg/ka/yearである。

1. はじめに

農業として使用された各種の有機化合物のうち、有機塩素化合物は、化学的安定性のため、自然環境に広く拡散し、汚染問題を惹起している。これらの有機塩素化合物のうち、BHCとDDTは1950年～1960年代にかけて、世界中で多量に使用された結果、大気・土壌・水界の汚染は地球全域にわたるといわれており、南極大陸の氷塊中にもDDTが検出されている。これらの物質は、我国では1971年に使用禁止になったが、その汚染が回復されたわけではない。そこで、これら有機塩素系農薬の自然環境中での挙動と生態系への影響を把握しておくことは、今後出現する各種の化合物の挙動を推測するうえで重要であろう。散布された農薬は、大気系に拡散するもの、土壌系に残留するもの、水系によって移動するものなどに分けられるが、ひとつの系にとどまることなく、系間を移動するものである。そこで、BHCを過去において直接的に使用しておらず、近辺に一次的発生源のない山地小流域に降下するBHCの挙動を調査した。

2. 調査地の概要

調査地として、滋賀県東南部（大津市瀬田町桐生）にある標高190～255mの比較的低い山地を設定した。調査地は流域面積5.99kaの小流域であり、花崗岩を母材とする深層風化地帯で、古く砂防植栽が行なわれている。流域全般にわたって、アカマツ、クロマツ、ヒノキの混じた林分があり、ほぼ閉鎖した状態にある。本調査地では1968年より水文観測が継続して行なわれており、



図一 桐生試験地の地域図

図一に示すように、流域出口で直角三角堰（量水堰）を設けての流量観測が、流域中央部のやや開けた部分を切り開いた露場で雨量等の気象観測が行なわれている⁽³⁾。

3. サンプルング および分析法

3-1 サンプルングの方法

露場に設置したガラス製デポジットにより降水を採取し、これを林外雨とし、流出水は量水堰で採取した。林内雨および樹幹流は調査地内の代表的ヒノキ林内で、雨水と同様にデポジット（4ヶ）により林内雨を、ヒノキ樹幹（2本）にアルミ板で作製した導管を取りつけ、これによって樹幹流を採取した。

BHCの定量分析には、検水5ℓを必要とするため、雨水が5ℓ以上採取可能な時に、流出水、林内雨、樹幹流を同時に採取した。調査期間は1976年7月から1977年6月であり、この間に13回のサンプルングが可能であった。

3-2 分析方法

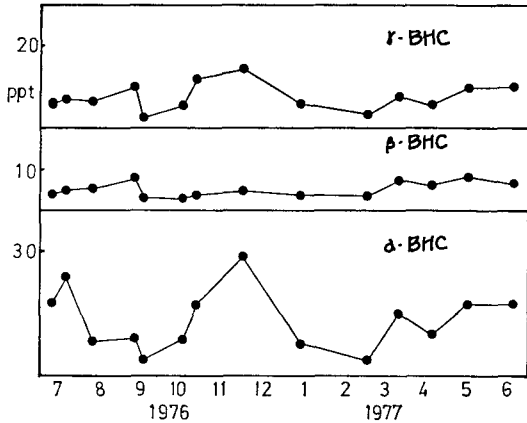
検水（5ℓ）を、1ℓづつ5回に分けてn-ヘキサン（200ml）で抽出した後、約5mlに濃縮した。この試料溶液を電子捕獲型検出器付きガスクロマトグラフ（島津製作所4BM）にかけ、得られたクロマトグラムからBHC量を求めた。使用したカラム充填剤はOV-7（Gas-Chrom Q）であり、カラム温度は200℃である。

4. 調査結果と考察

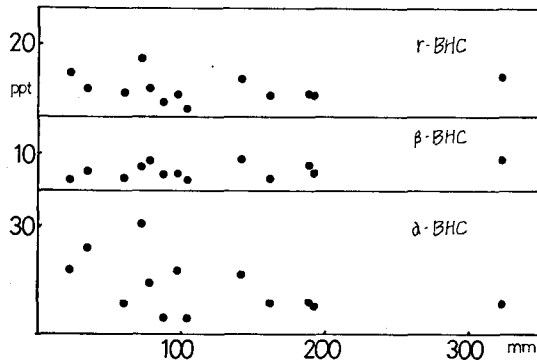
4-1 林外雨中のBHC濃度

林外雨中に含まれるBHCは、 α -, β -, γ -BHCの各異性体であり、 δ -BHCはほとんど検出されなかった。異性体別の濃度は $\alpha > \gamma > \beta$ の順であり、その濃度範囲は α : 4.0~51.0, β : tr~7.8, γ : 2.3~19.0 pptである（図-2）。調査期間中における濃度変化をみると、 β , γ は変動幅が小さく、 α は大きい傾向にあるといえるが、 α , β , γ ともに季節の変動に一定の傾向は認められなかった。採水期間ごとの雨量とBHC濃度との関係をみると図-3に示すように、 β , γ -BHCは雨量の変動にかかわらず濃度はほぼ一定とみてよい。一方、 α は雨量の増加とともに濃度が低減する傾向が存在するようである。

BHCが農薬として使用中であった1969年から1970年にかけて、東京・西ヶ原で調査された雨



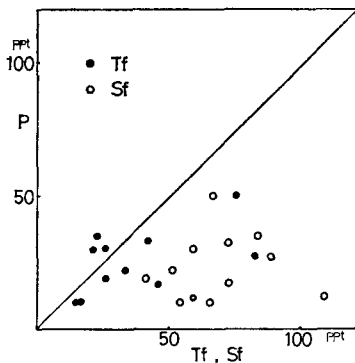
図一2 林外雨中のBHC濃度変化



図一3 雨量と林外雨中のBHC濃度

存在するといわれ、それが降雨にとらえられて降下する。この量は林外雨中のBHCとして測定される。森林が存在すると無降雨時に粉塵に吸着されたBHCが粉塵とともに樹冠に付着することが考えられ、それが降雨とともに洗い出されることによって、BHCは量的に変化すると予想される。この量は林内雨・樹幹流中のBHCの測定から推定できる。

図一4は林内雨、樹幹流と林外雨との関係を示したもので、林内雨・樹幹流とともに林外雨よりも全BHCの濃度が高いといえる。全調査期間中の平均濃度についてみると表一1のように



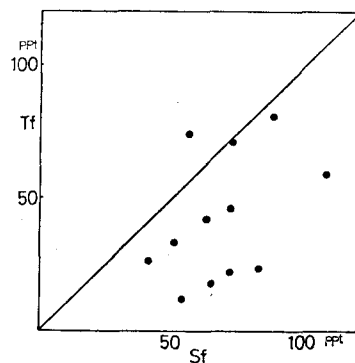
図一4 林外雨 (P) と林内雨 (Tf), 樹幹流 (Sf) 中の全BHC濃度

水中のBHCに関する報告⁽⁴⁾によると、 α 、 β 、 γ -BHCがそれぞれ454, 220, 380pptと本調査結果と比較して極めて高く、春から秋にかけて高濃度が検出され、冬季に低くなるという季節的変動が認められている。この結果は都市部での調査であり、都市部の方が農村部に比してBHC濃度が高いという報告もあるため、単純な比較は危険であるが、本調査結果の値との比較から、使用禁止の効果が認められるようである。

4-2 林内雨・樹幹流中のBHC

森林に降下する雨は、一部は樹冠で阻止されるが、残りは主に樹冠を通過する林内雨と樹幹をつたう樹幹流との2つの経路を通過して林地に達する。林内雨と樹幹流の2成分は、降雨量を100とすれば、このヒノキ林での測定ではそれぞれ70~90%と5%程度であるといわれる。³⁾

BHCは大気中で粉塵に吸着されて



図一5 林内雨 (Tf) と樹幹流 (Sf) 中の全BHC濃度

表一 1 BHCの平均濃度

異性体	林外雨	林内雨	樹幹流
α -BHC	10.9	25.7	29.5
β -BHC	4.2	6.3	19.8
γ -BHC	7.6	8.0	12.6

表一 2 BHCの降下量 (mg/ha)

異性体	林外雨	林内雨	樹幹流
α -BHC	171.3	285.8	21.6
β -BHC	65.8	14.5	70.1
γ -BHC	119.6	89.2	9.2
全BHC	356.7	389.5	100.9

なる。すなわち、いずれのBHC異性体ともに林内雨・樹幹流の濃度が高く、また、樹幹流の方が林内雨よりも高い濃度を示す(図一5)。さらに、調査期間中の総降雨量は1565.5mmで、この雨によって降下したBHC総量をまとめると表一2のようになる。林外雨によって森林に降下したBHCは356.7mg/haであるのに対して、林内雨と樹幹流によって地表面に達したBHCは490.4mg/haである。すなわち、林外雨で降下する量の約1.4倍量が林地に達したことになる。このことから、樹体内からのBHCの溶出がおこらないとすれば、林内雨と樹幹流での濃度の増大は樹体に付着していた粉塵とともに洗い出されたBHCによるものといえる。林内雨は葉や小枝をぬらした後にそこから滴下するが、樹幹流は、枝、幹を伝って流下するから、両者の濃度差は接触時間の長さの相違によるものと推定される。

4-3 流出水中のBHC

本調査地では、林内地表面に到達した水は地表流と地下水になって量水堰から流出する。流出水中のBHC濃度は、それぞれの最高値が α :1.79, β :1.4, γ :1.02pptであり、大部分の検水では痕跡程度であって、林外雨の濃度に比して極めて低い値であった。このことは、降雨によって森林内に搬入されたBHCは流出の過程で、そのほとんどが植物体や土壌に吸着されたり、再び大気中に蒸散放出されるということを示唆しているであろう。

5. おわりに

本報告は直接的汚染のない森林環境を用いて、水循環系におけるBHCの動きについて、濃度と量から考察したものである。BHCが使用されていた時期の雨水中には、 γ -BHCが100~1,000ppt、230pptという高濃度で検出されているが、本調査結果では、これより低い濃度であり、使用禁止の効果は認められるが、現在も水系、大気系を循環している事実は注目しておく必要がある。また、森林内に搬入されたBHCが森林生態系におよぼす影響に関する知見はほとんどみられないため、本調査でえられた全BHC降下量のもつ生態系に対する意義づけは今後の研究にまたねばならない。

本研究を行なうに当たり、協力を惜しまれなかった福島義宏・片山幸士・荻野和彦・岩坪五郎・山下洋の各氏に対して深謝の意を表す。また、本研究の一部は、文部省科学研究費特別研究「環境科学」によった。

引用文献

- 1) 湯嶋 健他：生態系と農薬（1973）岩波
- 2) PETERLE, T. J. : DDT in antarctic snow, *Nature* 224; 620 (1969)
- 3) 堤利 夫：森林環境の汚染に関する基礎的研究，文部省研究報告集録 昭51人間生存と自然環境 P 252 (1976)
- 4) 金沢純他：殺虫剤による生態系の汚染Ⅱ有機塩素系殺虫剤による環境汚染 *科学* 41, 384 (1971)
- 5) 立川 涼：農薬による環境の汚染，*化学と生物* 8, 539 (1970)
- 6) TARRANT, K. R. et al. : Organochlorine pesticides in rainwater in the British Isles, *Nature*; 219; 725 (1968)

Résumé

BHC concentrations in rainwater, throughfall, stemflow and running off water were determined. In all samples of rainwater, throughfall and stemflow, BHC were found detectable, while in running off water "trace". The concentrations in throughfall and stemflow were higher than in rainwater. The amounts of BHC contained in each sample were calculated by multiplying the concentrations by the water amounts of them, and amounted to 397 mg/ha/year by rainwater and 547 mg/ha/year by stemflow and throughfall. It is assumed that the adsorbed aerosol on trees is washed out by rain. The output of BHC by running off water was negligible.