

1. 保水力

・草地や裸地などと比べて森林の保水力が大きいことは明らか。

簡単な説明： 森林は雨が多い地域に存在。生きていくのに水を必要とするので、落ち葉と無機質の土層から土壌を創り出し、その構造を変え、大量に水を貯められるような環境を自ら作り出す。森林は自らたくさん水を使うから水を貯めるのであって、下流に水をたくさん流したいから貯めるのではない。

森林が大量の水を保水し、それを消費している科学的証拠： 隣り合う2つの川を試験地として設定し、川の流量をしばらく観測したのち、片方の森林を伐採する実験を行う（対照流域法）。すると森林を切った方では、川の水量が増える（全世界共通）。

水を消費していた森林を取り除いたので、これまで森林に消費されていた水が川に流れた。

農家にインタビュー： 山に植えたスギ・ヒノキが成長するにつれて、沢の水が昔に比べて少なくなった（全国共通）。 科学的実験結果と一致。スギ・ヒノキは「水を大量に消費する樹木」だから成長が早く、効率よく林業ができる。オーストラリア、インドでは、ユーカリの植林が水を枯らすことが問題になっている。

水を大量に消費する森林は、洪水軽減能力が大きい。日本では、人工林・広葉樹2次林を問わず、森林に人が入らなくなったため、樹木は成長を続けており、水消費量は年々大きくなってきている。洪水軽減の観点からは、水を大量に消費する森林を維持した方がよい。

2. 水を消費するメカニズム

遮断 = 雨滴が木の枝葉に捕捉され、地面に達することなく、そのまま蒸発する。

蒸散 = 一度、地面にしみこんだ水が根から吸い上げられ、葉の裏面にある光合成のためにCO₂を取り込む穴（気孔）から蒸発する。

遮断量： これまでは、雨量に無関係に一定値としており、河川計画の対象となるような大雨の際には無視されていた。

最近の研究では、遮断量は降雨量に比例。5～10%の雨が遮断量として失われ、河川計画の対象となるような大雨の際にも無視できない。

スギやヒノキは葉の表面積が広葉樹より大きく、雨滴をより大量に保持できるので、樹冠遮断量が大きい。常緑樹は落葉樹と違い冬でも葉がついているので冬の遮断量が大きい。

蒸散量： スギ・ヒノキの蒸散量と広葉樹2次林の蒸散量に大きな差はない（常緑樹は冬になると気孔を閉じて蒸散を抑制するので落葉樹との差がない）。

3. 雨滴による浸食（近年、その重要性がわかってきた問題）

- ・ 林内で土壌がむき出しになっていると、雨滴のエネルギーで土壌表面の粒子が破壊され、つぶがこまかくなる。
- ・ こまかくなったつぶは、土壌表面の水がしみこむすき間を埋めてしまい、水がしみこみにくくなる（浸透能の低下）。
- ・ そこへ大雨が降ると、浸透能を越えた雨水が地表面を流れ、土壌表面を浸食する。
- ・ 以上のような現象が起こっているかどうかは、森林内の土壌を踏み荒らさずに注意深く観察すればわかる。スギの種や小石が上に載っている土の柱（土人形とい

- う)があれば、間違いなく起きており、土人形の高さから土壌浸食量がわかる。
- ・ 林の中の方が外よりも雨滴の直径が大きくなり、その分衝撃エネルギーが大きい。

4. 武庫川流域の森林と総合治水の流域対策

流域の森林率は過去100年間、60～75%で推移。はげ山が復旧して森林が増加し、戦後の宅地・ゴルフ場等の開発で減少。森林のバイオマスは年々増加。

開発されたにもかかわらず、現在も流域の63%が森林であることから、総合治水のうち「流域対策」において森林の取り扱いは極めて重要。

人工林率が11%（面積33km²）で全国平均（42%）と比べて非常に低く、吉野川（57%）や球磨川（63%）とは異なり、人工林よりも2次林の取り扱いが重要。

森林の洪水緩和機能は絶対的なものなので、想定する洪水の規模が大きいほど相対的には小さくなるが、だからといって「無視できる」とは決めつけられない。

基本高水の計算には森林の変化による影響が考慮されていない。森林が変化（成長）したので、過去の洪水と現在の洪水、例えば昭和34年と平成16年では洪水の出方は異なる。

飽和雨量（＝流域が飽和するまでに必要な雨量）は、対象とする洪水の前に流域がどれだけ乾いていたか（初期水分条件）によって大きく変わってくる。森林が成長したことによる影響は初期水分条件、飽和雨量の両方に現れる。それらが反映されるようなシミュレーションを行わない限り、森林の影響は数値化できない。

森林の洪水軽減機能は概念的には誰もが同意。それを数値化することは現時点で困難であっても、科学の進歩により数値化は時間の問題。現時点で数値化できないからといって、施策として採用しないのは、水俣病や諫早の繰り返し。

洪水軽減という観点からは、バイオマスの大きい森林、この地域に人類がいなかった時代に生育していた樹木（常緑広葉樹）や水を大量消費する森林（スギ・ヒノキ人工林）が、人の手が加わった結果形成された落葉広葉樹林やマツ林よりも望ましい。

洪水軽減という観点からは、現在の2次林を維持し、今後できるだけ人の手を入れずに常緑広葉樹林にゆっくりと移行させることが大事である。里山を再生するために、2次林の下層の常緑樹を切り払うのは、洪水軽減にとってマイナス。

人工林のうち間伐が遅れていて土人形ができているところは、表層土壌の浸食・流亡防止、浸透能低下防止の観点から、速やかに間伐するのが望ましいが、面積割合が小さいので、下流域の治水に及ぼす影響は小さい。

利水の観点からは、森林の別の取り扱いが必要。森林はもともと治水機能も利水機能も持っているが、その両方を同時に強化できると思いこむのは幻想（コンクリートダムでも治水と利水の両立は難しい）。現在のバイオマスが大きい日本の森林は、すでに利水機能を犠牲にして、治水機能が強化されている状態。

森林の取り扱いは土木局とは別の部局が行っているが、その取り扱いが総合治水の流域対策という観点から妥当な取り扱いとはいえない場合があるので、それをチェックして県の施策に総合的整合性を確保する制度、仕組みが必要。

まとめ

武庫川の森林はすでに洪水軽減機能をかなり発揮している。

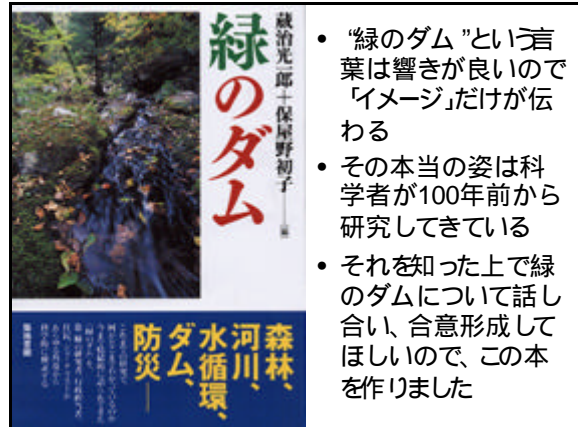
過去の森林は今ほど機能を発揮していなかったし、開発されて面積も減ったので、その分、過去の洪水は同じ降雨に対して規模が大きかったはず。

今の基本高水の計算には、そのことをきちんと考慮すべき。いいかえれば、46年前の基本高水と今の基本高水は異なっており、今の方が低いはず。

森林の保水機能 (緑のダム) 公開勉強会

蔵治 光一郎

東京大学 愛知演習林

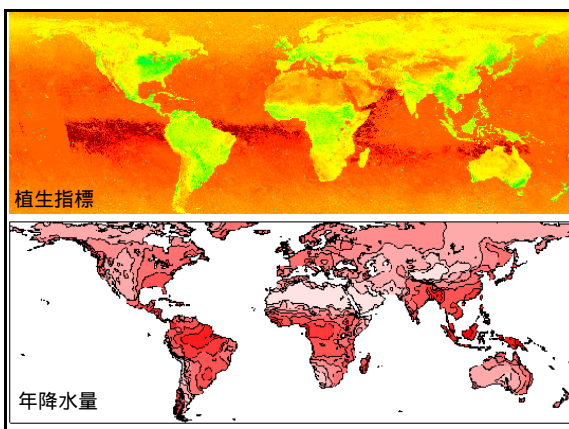


今日の話題

1. 保水力
2. 水を消費するメカニズム
3. 雨滴による浸食
4. 森林の4重5重の洪水軽減機能
5. 武庫川流域の森林と総合治水の流域対策

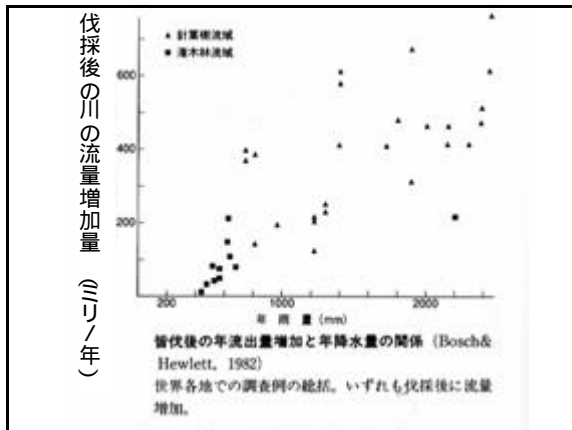
1. 保水力

- 草地や裸地などと比べて森林の保水力が大きいことは明らか。
- 簡単な説明：森林は雨が多い地域に存在。生きていくのに水を必要とするので、落ち葉と無機質の土層から土壌を創り出し、その構造を変え、大量に水を貯められるような環境を自ら作り出す。
- 森林は自らたくさん水を使うから水を貯めるのであって、下流に水をたくさん流したいから貯めるのではない。



森林が大量の水を保水し、それを消費している科学的証拠

- 隣り合う2つの川を試験地として設定し、川の流量をしばらく観測したのち、片方の森林を伐採する実験を行う(対照流域法)。すると森林を切った方では、川の水量が増える(全世界共通)。
- 水を消費していた森林を取り除いたので、これまで森林に消費されていた水が川に流れた。



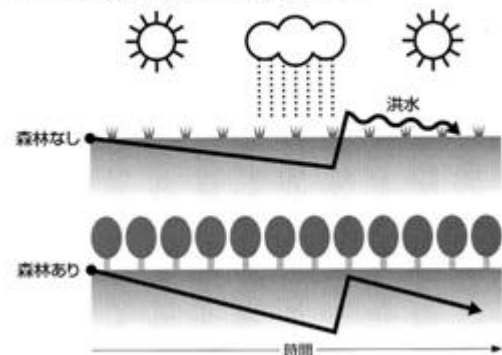
農家にインタビューすると

- 山に植えたスギ・ヒノキが成長するにつれて、沢の水が昔に比べて少なくなった (全国共通)。
森林が水を消費する」とい科学的実験結果と一致。
- スギ・ヒノキは「水を大量に消費する樹木」だから成長が早く、効率よく林業ができる。
- オーストラリア、インドでは、ユーカリの植林が水を枯らすことが問題になっている。

洪水軽減機能 (1)

- 水を大量に消費する森林は、洪水軽減能力が大きい。
- 日本では、人工林・広葉樹2次林を問わず、森林に人が入らなくなったため、樹木は成長を続けており、水消費量は年々大きくなってきている。
- 洪水軽減の観点からは、水を大量に消費する森林を維持した方がよい。

■森林の有無による水貯留容量のモデル図



2. 水を消費するメカニズム

遮断 (しゃだん) = 雨滴が木の枝葉に捕捉され、地面に達することなくそのまま蒸発する。

蒸散 (じょうさん) = 一度、地面にしみこんだ水が根から吸い上げられ、葉の裏面にある光合成のためにCO₂を取り込む穴 (気孔) から蒸発する。



遮断量

- これまでは、雨量に無関係に一定値としており、河川計画の対象となるような大雨の際には無視されていた。
- 最近の研究では、遮断量は降雨量に比例。5 ~ 10%の雨が遮断量として失われ、河川計画の対象となるような大雨の際にも無視できない。



遮断量

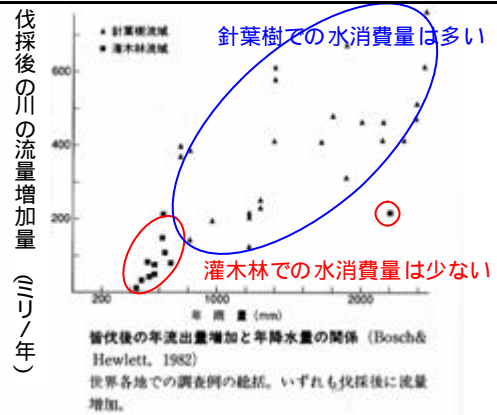
- 東大千葉演習林ヒノキ林での観測結果

	降水量	遮断量
1996年7月台風	422.5mm	29.8mm (7%)
1996年9月台風	402.4mm	24.0mm (6%)

- スギやヒノキは葉の表面積が広葉樹より大きく、雨滴をより大量に保持できるので、樹冠遮断量が大きい。
- 常緑樹は落葉樹と違い冬でも葉がついているので冬の遮断量が大きい。

蒸散量

- スギ・ヒノキの蒸散量と広葉樹2次林の蒸散量に大きな差はない。常緑樹は冬になると気孔を閉じて蒸散を抑制するので落葉樹との差がない。
- その結果、遮断量の差がほぼそのまま水消費量の差になる

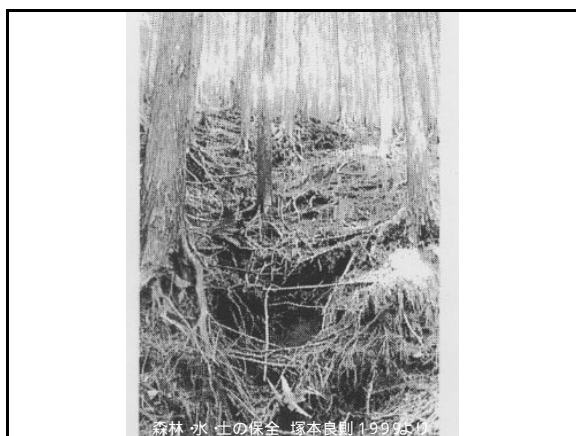
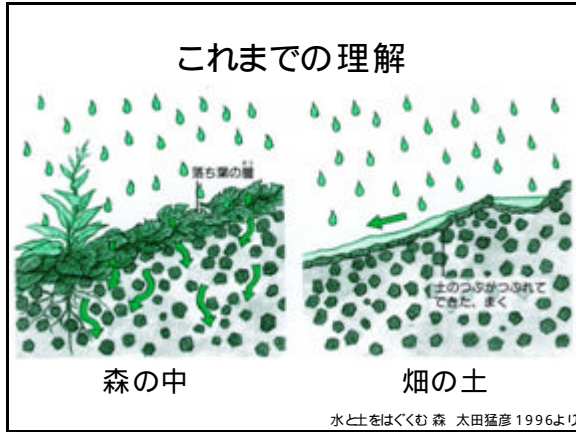


洪水軽減機能 (2)

- 雨水の遮断量が大きく、その分、地表に達する水量を減らすので、洪水軽減に貢献する。

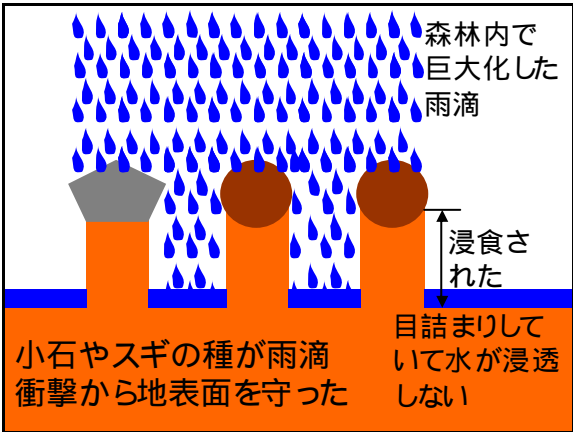
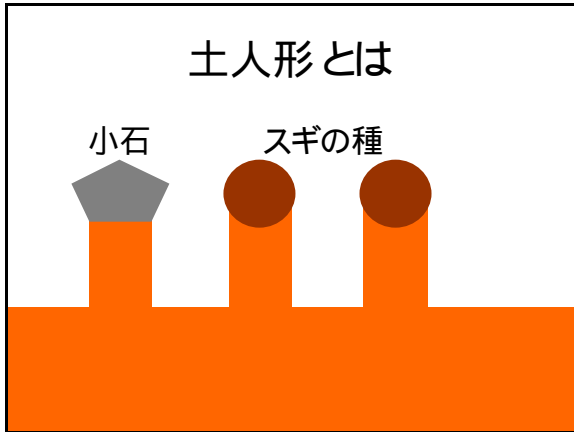
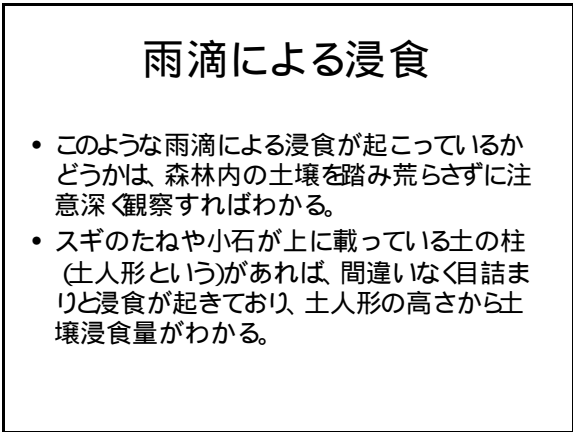
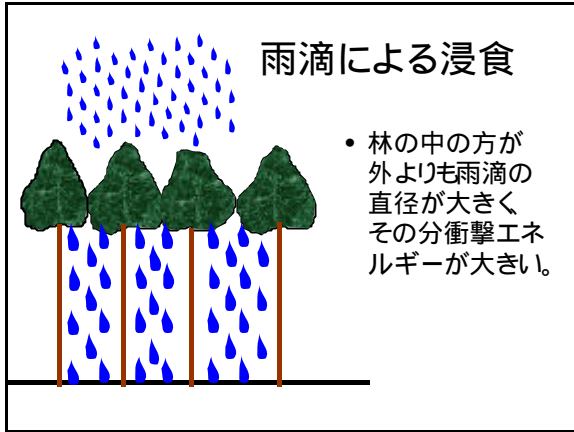
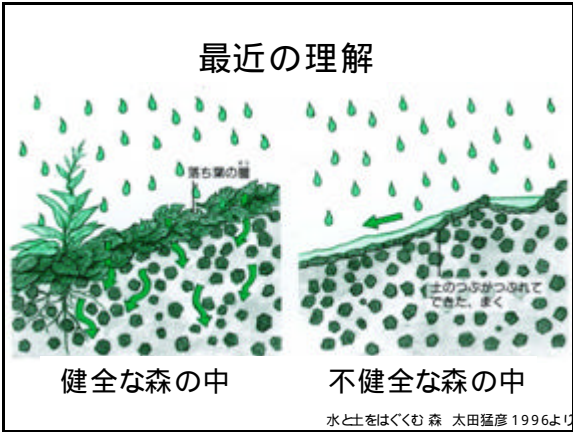
3. 雨滴による浸食

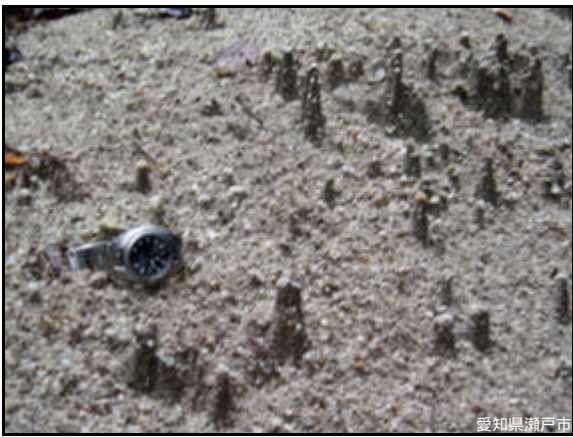
- 近年、その重要性がわかってきた問題
- これまでは、雨滴による浸食は畑などで起こるものの、森林の中では落ち葉などによって表土が保護されているので、起こらないとされてきた。
- ところが、そうでもないらしい。



雨滴による浸食

- 林内で土壌がむき出しになっていると、雨滴のエネルギーで土壌表面の粒子が破壊され、つぼがこまかくなる。
- こまかくなったつぼは、土壌表面の水がしみこむすき間を埋めてしまい、水がしみこみにくくなる(浸透能の低下)。
- そこへ大雨が降ると、浸透能を越えた雨水が地表面を流れ、土壌表面を浸食する。







愛知県豊田市



愛知県豊田市



愛知県豊田市



武庫川上流の2次林(丸山ダム周辺、下層の常緑樹伐採後)

根の層が厚いノキの森

葉がなく土が露れ出たノキの森

●地表流を防ぐのは、落ち葉と草

森の中の雑草を踏みこたくさせるのは、主として落ち葉だけじゃない。草がたくさん生えていれば、どい、落ち葉に雑草を踏んで方ないノキの森でも、草がたくさん生えていたら、地表面は緩まない。

水と土をはくむ 森 太田猛彦 1996より

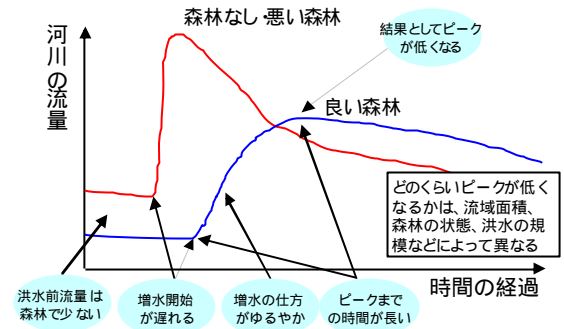
洪水軽減機能 (3)

- 森林が適切に管理され、林内に植物が生えていて、落ち葉がたまっていれば、それが地表面を保護する。
- 保護されていれば、雨滴の衝撃から地面を守り、土壌の流亡を防ぎ、水の浸透を促進させ、地表流を防ぐ。
- 土壌の流亡は水量だけでなく水質にとってもマイナス

4. 森林の5重6重の洪水軽減機能

1. 遮断量が大きく地面に達する水量を減らす。
2. 自ら水を消費するために大量に水を貯留する構造をもち、飽和するまでの雨量(飽和雨量)が大きい。
3. 大雨の前に乾燥が長く続いていると貯留量は一段と大きくなる(例:2000年東海豪雨)。
4. 林内に生えている植物が地表面を保護し、土壌流亡を防ぎ、水の浸透を促進させ、地表流を防ぐ。
5. 飽和するまでの時間を遅らせる。
6. 飽和したのちも、ゆっくりとその水を流すので、ピークを軽減する。

洪水軽減機能のイメージ

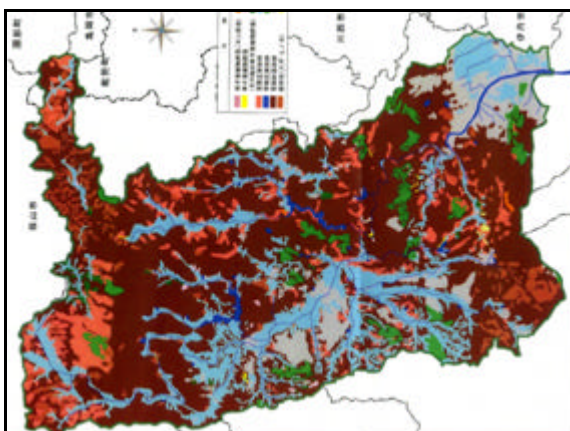
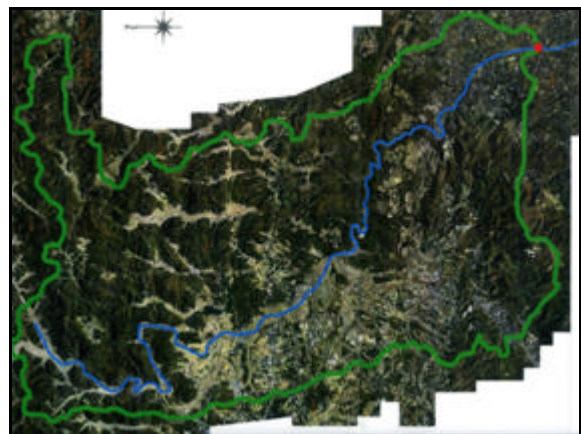


5. 武庫川流域の森林と総合治水の流域対策(その1)

流域の森林率は過去100年間、60~75%で推移。はげ山が復旧して森林が増加し、戦後の宅地・ゴルフ場等の開発で減少。森林のバイオマスは年々増加。

開発されたにもかかわらず、現在も流域の6.3%が森林であることから、総合治水のうち「流域対策」において森林の取り扱いが極めて重要。

人工林率が1.1%(面積3.3km²)で全国平均(4.2%)と比べて非常に低く、吉野川(5.7%)や球磨川(6.3%)とは異なり、人工林よりも2次林の取り扱いが重要。



武庫川流域の森林と総合治水の流域対策(その2)

森林の洪水緩和機能は絶対的なものなので、想定する洪水の規模が大きいほど相対的には小さくなるが、だからといって「無視できる」とは決めつけられない。

基本高水の計算には森林の変化による影響が考慮されていない。森林が変化(成長)したので、過去の洪水と現在の洪水、例えば昭和34年と平成16年では洪水の出方は異なる。

武庫川流域の森林と 総合治水の流域対策 (その3)

飽和雨量は、対象とする洪水の前に流域がどれだけ乾いていたか(初期水分条件)によって大きく変わってくる。森林が成長したことによる影響は初期水分条件、飽和雨量の両方に現れる。それらが反映されるようなシミュレーションを行わない限り、森林の影響は数値化できない。

森林の洪水軽減機能は概念的には誰もが同意。それを数値化することは現時点で困難であっても、科学の進歩により数値化は時間の問題。現時点で数値化できないからといって、施策として採用しないのは、水俣病や諫早の繰り返し。

武庫川流域の森林と 総合治水の流域対策 (その4)

洪水軽減という観点からは、バイオマスの大きい森林、この地域に人類がいなかった時代に生育していた樹木(常緑広葉樹)や水を大量消費する森林(スギ・ヒノキ人工林)が、人の手が加わった結果形成された落葉広葉樹林やマツ林よりも望ましい。

洪水軽減という観点からは、現在の2次林を維持し、今後できるだけ人の手を入れずに常緑広葉樹林にゆっくりと移行させることが大事である。里山を再生するために、2次林の下層の常緑樹を切り払うのは、洪水軽減にとってマイナス。



武庫川上流の2次林(夙山ダム周辺、下層の常緑樹伐採後)



武庫川上流の2次林(有馬富士公園)

武庫川流域の森林と 総合治水の流域対策 (その5)

人工林のうち間伐が遅れていて土人形ができているところは、表層土壌の浸食・流亡防止、浸透能低下防止の観点から、速やかに間伐するのが望ましいが、面積割合が小さいので、下流域の治水に及ぼす影響は小さい。

利水の観点からは、森林の別の取り扱が必要。森林はもともと治水機能も利水機能も持っているが、その両方を同時に強化できると思いきは幻想(コンクリートダムでも治水と利水の両立は難しい)。現在のバイオマスが大きい日本の森林は、すでに利水機能を犠牲にして、治水機能が強化されている状態。



武庫川上流の人工林(天神川上流)

武庫川流域の森林と 総合治水の流域対策 (その6)

森林の取り扱いが土木局とは別の部局が行っているが、その取り扱いが総合治水の流域対策という観点から妥当な取り扱いとはいえない場合があるので、それをチェックして県の施策に総合的整合性を確保する制度、仕組みが必要。

まとめ

- 武庫川の森林はすでに洪水軽減機能をかなり発揮している。
- 過去の森林は今ほど機能を発揮していなかったし、開発されて面積が減ったので、その分、過去の洪水は同じ降雨に対して規模が大きかったはず。
- 今の基本高水の計算には、そのことをきちんと考慮すべき。
- いいかえれば、46年前の基本高水と今の基本高水は異なっており、今の方が低いはず。