

なまはげの地の森林の豊かさとスポンジ効果

生物資源科学部 アグリビジネス学科

2年 鍋島 晶

2年 佐藤 祐利

指導教員 生物資源科学部 アグリビジネス学科

教授 増本 隆夫

(1) 背景・目的

近年日本各地では、異常気象の増加に伴う各種災害等により大きな被害が発生している。その中でも、洪水や土砂崩れなどの災害が顕著である。そこで私たちは森林の機能である「緑のダム」に注目し、令和3年度から学生自主研究を進めてきた。本研究では、昨年度の研究実施により明らかになった課題を解決するために、まず森林土壌が持つ吸着水、毛管水、重力水などの水分保持能力に着目し、森林下部が持つ保水力を評価することを目指す。また、土壌が持つ保水力に加えて、樹木の遮断保水機能等を考慮した森林全体の保水力と森林植生や管理状態を関連づけて、森林全体の保水力を明らかにすることを目的とした。

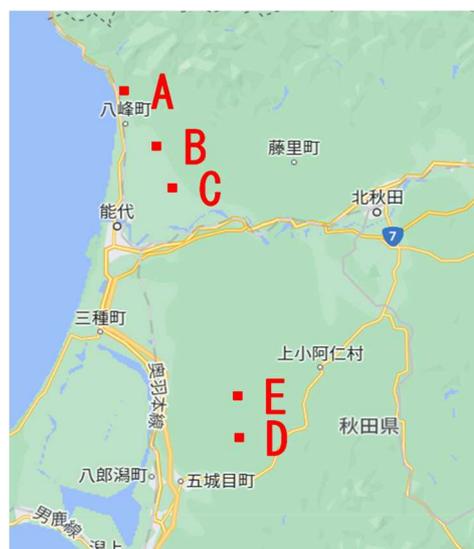


図1 調査地点の位置

(2) 研究方法

まず、森林下部の土壌が土粒子の違いにより保持できる吸水能力（土粒子吸着、毛管保持、重力移動）から森林土壌が持つ保水力の差違を考察するために、秋田県内の植生や管理条件の異なる5地点（図1）を抽出し、各点で3個の土壌を標準サンプラ

ー（100cc 管）でサンプリングした。採土した土壌の処理過程は以下のとおりである。

<水分特性曲線（保水カーブ）の算出実験>

今回の実験では、各地点における土壌について pF 値（水分の保持圧力：大きいほど水分保持能力が高い）を変化させて土壌水分を測定し、水分特性曲線（保水カーブ）を作成した。令和4年12月16日に採取した土壌について、pF0, 1.5, 3.0, 3.8の順で測定を行い、対応

表1 観測地点の特徴

	植生			森林の状態		管理	
	広葉樹林	杉林	植生なし	自然林	人工林	有	無
A	○			○			○
B		○			○	○	
C			○			○	
D		○			○		○
E	○	○		○			○

する土壌水分量データを計測した。詳細は以下のようである。

- 1) 秋田県内5地点(図1)でサンプルを各3つずつ採取。
- 2) 加圧板法の下準備としてサンプル容器の上蓋のみを取り、重量を測定した。三相分布の測定では土壌三相計を用いた。算定法の詳細は<三相分布の測定実験>で述べる。
- 3) 試料を飽水させるため下蓋の代わりに濾紙に切り込みを入れ、テープで固定した。
- 4) バットに水を張り、1日静置し放水させ、重量を測定。
- 5) pF1.5に対応する水分量測定のため砂柱法を実施した。ここでは、砂柱表面まで排水口を下げ、濾紙を引きコアを置いた。



写真1 加圧式土壌 pF 測定器

- 6) ふたをして2日間静置し重量を測定した。次に、加圧板法により pF3.0に対応する土壌水分量を測定した。なお、加圧版法では、素焼き版を1日水につけ、上にコアを並べた。ふたをして対角線上でナットを木で閉めていき、脱水口にチューブとポリ瓶を付け、圧力調整器で圧力を加えた。1週間後コアを取り出し重量を測定した。
- 7) pF3.8については圧力釜を変え同様の作業を行った。
- 8) 105°Cの乾燥器で5日間乾燥させ乾燥重量を測定した。また、サンプラーの重さも測定した。

<土壌三相分布の測定実験>

前述の収集したサンプルを、水分特性曲線算定の前段として、土壌三相計で測定した。

- 1) 三相計の平圧コックを開け、テストピースを資料室に試料を入れてコックを占めた。
- 2) ハンドルを回して基準圧力の調整を行い、その後始動点に戻してコックを開けた。
- 3) 基準が決まったら試料も同様の作業を行い、これを三回繰り返した。測定後、データを元に三相分布を調査した。

次に、森林樹木が持つ保水力の算定に関しては、これまでの国内外における研究成果を収集し、それらの纏めを指標として、今回の保水力算定の基礎とした。

(3) 結果

<算出された水分特性曲線（保水カーブ）>

得られた水分特性曲線では、全体の傾向として、含水比が高く推移する曲線と低く推移する曲線に大別できることが分かった(図2)。B, D, E地点では pF0 時点での若干の差はあるが、pF 値の変化(水分をどれだけ保持しやすいかの指標)に対して一定の高い含水比を保っている。一方、A, C地点は含水比が低く推移する曲線である。ただし、地点Aは pF0 時点では含水比が高いが、pF3.0 に向け急激に減少し、pF3.8 時点で最も含水比が低くなっている。含水比の高低はあるが、どの地点でも似た軌跡をたどることは分かる。

表2の三相分布からは気相がどの地点でも高く、固相が小さいことが分かる。特にA地点

では固相が 19.2%とかなり小さい。一方で、C, D, E 地点ではそこまで大きな差は見られなかった。表 3 に、礫を入れた粒度組成 (R3 年度の同地点サンプルによる) を示している。どの地点でも礫の割合が多く、すべての地点で 80% を超えている。特に A 地点は 90% を超えており、シルト、粘土では、D, E 地点がともに高く、シルト成分だけが高いのは B 地点である。

(4) 考察

水分特性曲線において、圧力をかけて土壌内の水分が取れにくい (吸引しにくい) のは粘土・シルトの割合が多いものであるといえる。これは、吸着水や毛管水が重力水より取り出すのに圧力が必要となることで説明できる。

I) 図 2 では、A 地点の水分特性曲線は pF0 では高い含水比を保っていたが、pF3.0 にかけて急激に減少していることから土壌中の水分の多くは重力水の形態であると考えられる。保水力という観点から、重力水の割合が大きい A 地点の土壌は保水力が小さいと評価した。粒土組成 (表 3) を見ると、礫の割合が最も大きく、粘土、シルトの割合が小さいことから吸着水や毛管水の割合が小さく重力水が多いと推察できる。 II) B 地点の水分特性曲線は pF0 地点から pF3.0 地点までの含水比の減少幅が他の地点と比較して緩やかである (図 2) 。このことから、重力水の割合が小さいといえる。また、pF3.0 以降は D, E 地点と同じ軌跡を描いており緩やかな右肩下がりであるため保水力は、5 地点の中で大きい部類に入る。 III) C 地点では、pF0 地点での含水比が小さいことが特徴として挙げられる。含水比が 0.4 に達していない点、粒形組成から軽埴土に近い土壌ではないかとした。また、

表 3 よりシルト、粘土の割合も他地点と比較して小さくないこと、水分特性曲線が比較的緩やかな右肩下がりである点から毛管水、吸着水の割合も同程度あると考えられる。しかし、他の地点と比較して保水量は少なく、ポテン

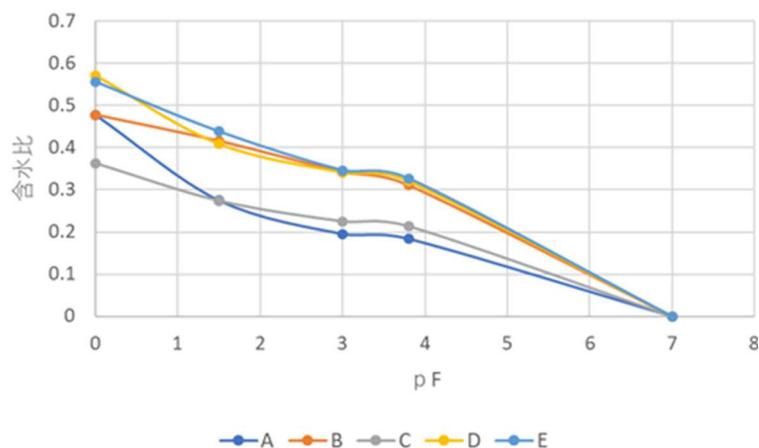


図 2 調査地土壌における水分特性曲線

表 2 三相分布測定実験の結果

地点	液相(%)	固相(%)	気相(%)
A	24.6	19.2	56.2
B	39.1	38.9	22.0
C	33.8	32.3	33.9
D	38.5	26.8	34.7
E	35.1	26.0	38.9

表 3 礫も含めた粒度組成

地点	礫(%)	砂(%)	シルト(%)	粘土(%)
A	90.5	4.2	3.7	1.7
B	86.9	3.5	8.4	1.2
C	87.9	4.4	4.7	3.0
D	81.8	3.4	9.0	5.7
E	86.3	2.2	7.4	4.2

注) *礫は 2mm のふるいで通過しないものを指す。

シャルとしての保水力は小さいと評価した。IV) D 地点では、pF0 時点で大きな含水比を示し、その後も大きな数値を記録している (図 2)。また、表 3 よりシルト・粘土ともに最も高い値となっている。このことから、D 地点では吸着水や毛管水として水分が保持され、保水力が高いと考えられる。V) E 地点でも pF0 時点では高い含水比を示し、その後も高い値を示している (図 2)。また、表 3 よりシルト・粘土が比較的高い値となっている。これらのことから、吸着水や毛管水としての水分保持が多いと考えられ、保水力が高いと評価した。

他方で、森林の土壌内には多くの礫が存在していることが表 3 から読み取れる。このことから、畑や水田等の農地で検討される土壌のみの性質に加えて、礫が多量に存在することにより別の物理的性質が確認されることが、森林の特徴ではないかと推察した。特に、礫によって土壌中の重力水の割合は圃場等の同じ土壌に比べ大きくなる。よって、土壌中の礫の割合によっても保水力を大小を簡易的に評価することができることも考えた。

さて、我々の今回の 5 地点の調査地では、まず上記のように土壌のみの観点から B, D, E 地点の保水力が高いと評価した。一方で、日本や世界における降水量に対する遮断量、樹幹流下量、地面直達量 (いずれも % 表示) の割合の調査結果よれば、遮断量は樹木に遮断された後蒸発し、後者は合わさって表面到達量となることがわかっている (Yue ら、2021 ; 篠原ら、2014 ; Onozawa ら、2009 ; del Campo ら、2022 ; 上谷、2023)。その結果、遮断量をみると、世界全体では広葉落葉樹では平均 20% (最小 15%~最大 25%)、常緑針葉樹では平均 25% (最小 20%~最大 30%)、日本に限ると、針葉・広葉は区別せずに、平均 23% (最小 17%~最小 27%) との範囲で変動している。また、九州の広葉樹林帯では、遮断量は 19% との詳細な報告もある。さらに、森林管理の進展により、遮断量が平均 25% (最小 10%~最大 40%) と変化することも分かっている。加えて、最新の観測データでは、非管理高密度ヒノキ人工林では、遮断量が平均 27% (最小 19%~最高 33%) と報告されている。これらの研究結果を参照して、B, D, E 地点の保水力をさらに詳細に分析することができる。上記の引用結果より、常緑針葉樹は広葉落葉樹よりも遮断機能が高いことが分かる。また、管理方法によりその遮断量が大きく変化し、非管理高密度林では遮断率の平均が高くなる傾向があることが読み取れる。今回考察する B, D, E の 3 地点の土壌は保水力が同等程度あるとしているため、樹木上での遮断や蒸発が少ない森林がより保水量が多くなると考えられる。よって、3 地点の中では唯一の広葉落葉樹を含む混合林である E 地点が最も森林上層部での保水力があるといえる。しかし、遮断量の差は数%であり管理方法による差の方が上記の引用研究より大きいことが分かる。そこで、今回の 3 地点では B 地点のみが管理されているため保水力は他地点よりも高いと考えられる。結論として、森林の利用形態を勘案することで、総合的に B 地点、E 地点、D 地点の順に周辺の保水力があると推察した。

森林は季節により植物の繁茂の様子が大きく変化する。本研究では夏から秋にかけて最も植物が活発になる時期の保水力を想定して考察している。冬の降雪、春先の雪解け水など季節によって森林の保水力がどのように変化するのかは今回の研究では言及しなかった。この点を今後の課題としたい。