

1. はじめに

昨今、植物を植えることに注目が集まってきている。植物の中でも樹木はその樹体内に炭素を長期間蓄積し、過去には家庭用の暖房エネルギーの主要な部分がこの樹体内に蓄積された炭素を燃やすことで得られていた。植物中の炭素はそのままにしておけば、いずれは枯れて腐り、再び炭酸ガスへと戻る運命にあるものの、森林の炭素固定能を高めることや、バイオマスエネルギーとしての有効利用を図ることで化石燃料の削減につながる事が期待されている^{1,2)}。地球温暖化防止のための京都議定書では、日本が削減する温室効果ガス排出量が6.0%と定められたが、そのうちの3.9%を森林に期待する方向で現在検討が行われている³⁾。長引く丸太価格の下落を止めるきっかけが無い現状において、林業経営の放棄という状況すら発生している昨今、この機会を追い風として森林に対する認識に変化が現れることを期待したい。

森林に蓄積される炭素量に関しては、かつて物質循環の研究が隆盛を極めた時期に、他の必須元素とともに森林のタイプ別の現存量が調べられている。施業との関係も伐採に伴う変化などの業績も見られるが、炭素の動態に関する成果は少ない。本報告では森林の炭素吸収源としての機能に着目した試験研究機関での現在の取り組み状況を紹介し、科学的な観点から吸収源としての役割を評価するための調査事例を紹介する。

2. 地球温暖化とは

地球温暖化問題とは、人の活動に伴って発生する温室効果ガス（Greenhouse Gas）が大気中の濃度を増加させることにより、地球全体の温度が追加的に上昇し、自然の生態系および人類に悪影響を及ぼすものと定義されている⁴⁾。気象庁の気象観測データによれば定点観測所での二酸化炭素濃度は近年指数関数的に上昇しており、200年前に比べて約30%も増加しているという報告がある。地球が温暖化することによって予測される悪影響としては第一に気温の上昇による海水面の上昇があげられるが、そのほかにも異常気象による被害や、生態系の変化など地球全体に大きな問題となることが指摘されている。

人為により排出される温室効果ガスには二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素など多くの物質があるが、その中で二酸化炭素の寄与率は約60%を占めている。二酸化炭素に比べて量は少ないものの、メタンは21倍、亜酸化窒素は310倍、フロン類は140～11,700倍の温暖化への寄与度があり、量が少ないからといって無視できるわけではない。メタンは水田、湿地や畜産などの分野から、亜酸化窒素は土壌中の窒素の無機化に伴って、たとえば皆伐作業などによって排出される可能性があり、今後の精密な調査が必要である。

いずれにしても、地球温暖化の主役は二酸化炭素であり、森林は光合成によって、常温・常圧・無騒音・無公害の条件下で炭素を固定しており、地球温暖化防止に対する役割が大きく期待されている。

3. 人為起源の二酸化炭素排出量

世界の人為起源の二酸化炭素排出量は1996年時点で252億4,000万トンと見積もられ、国別ではアメリカ、中国、ロシア、日本、インドが上位5カ国となっているが、中国やインドは発展途上国のため、COP（気候変動枠組み条約国締結会議）における削減対象国から除外されている。これらの国では経済発展に伴い、今後排出量は増加するものと考えられ、先進国の削減努力に加えた早急な対策が必要となる。

日本における温室効果ガスの年間排出量は13億3,000万トンを超過しており、総排出量の約90%が二酸化炭素で占められている。京都議定書の取り決めでは1990年の12億2,380万トンから、2008～2012年までの間に6%の温暖化ガスの削減に取り組む必要があり、1999年換算にしても12%の削減が必要となり、2010年までの自然増加を考慮するとかなりの温暖化ガスの削減に取り組む必要に迫られる¹⁾。

2000年に日本が条約事務局に提出した吸収源目録によると、約4,700万トンの二酸化炭素を森林管理によって吸収させることを見込んでおり、日本の二酸化炭素吸収量はある試算によると年間1億1,000万トンとも言われており、これは見込み吸収量の約2.4倍となっている⁴⁾。

4. 京都メカニズム

京都議定書の第3条3項では森林活動について定義されており、それによれば1990年を境界とする吸収源の対象活動として、ADR活動（新規植林、再造林、森林減少）による森林の増減について、第1次拘束期間（2008～2012年）で平均の対象活動による純炭素吸収量を参入するとされている¹⁾。日本の森林面積は国土の67%で、過去50年に遡っても面積の変動を見ても大体2,500万ヘクタールと安定しているため、期待される新規植林面積はせいぜい13万ha程度と少なく、この項目での吸収量の参入に期待は出来ない。

日本がかねてから要望していた同議定書の第3条4項は、1990年以降の追加的人為活動（森林管理）による第1次約束期間の炭素蓄積量を吸収量に参入できるというものであり、追加的人為活動の定義は2003年のCOP9で決められる予定であるものの、育成林の他にも保安林を含めた環境保全のための森林整備にまで範囲が認められると、日本の3.9%の削減目標は可能となる見通しである^{3,4)}。現在、林野庁は平成13年からスタートした炭素吸収源データ収集システム開発事業等により、京都議定書大3条4項に参入できるデータの収集方法、評価方法等を森林総合研究所を中核とした国公立の研究機関と共同で作成しており、その成果が期待される。

5. 森林の炭素蓄積量

平成13年度炭素吸収源データ収集システム開発事業で、秋田県はスギ林3林分で森林のバイオマス量の調査を行った。特に80年生の林分では土壌0～30cm深までのバイオマス量についても調査を行ったので、その結果について報告する。

1) 調査方法

バイオマス調査は立木のバイオマス、下層植生のバイオマス、倒木のバイオマス、土壌炭素量の4種類の調査からなり、炭素吸収源データ収集システム開発事業の調査実施マニュアル¹⁾に基づき調査を行った。

2) 調査結果

(1) 調査林分の概要

大曲市の 39 年生林分は間伐が行われてきた林分であり、平均樹高 17.2m、平均直径 24.2cm、立木密度 975 本/ha、幹材積 336 立方m/ha である。西木村の 35 年生林分は除伐までは行われたもののその後間伐は行われていない林分であり、平均樹高 19.2m、平均直径 22.0cm、立木密度 1,550 本/ha、幹材積 646 立方m/ha であり、西木村の無間伐林分の方が林分材積は大きいものの、間伐を行ってきた大曲市の林分の方が樹高が低いにもかかわらず直径は無間伐林よりも太くなっていた。

阿仁町の 80 年生林分は高齢級でかつ間伐が行われてきた林分であり、平均樹高 33.3m、平均直径 45.1cm、立木密度 412 本/ha、幹材積 975 立方m/ha であり、材積では 39 年生の間伐林の約 3 倍となっている。

「表—1」

(2) 調査地のバイオマス蓄積量

39 年生の間伐林では、地上部（葉・枝・幹）に 1 ha 当たり 175 トンの有機物が存在し、炭素量に換算すると 88 トンの炭素が蓄積していた。35 年生の無間伐林では 230 トンの有機物が蓄積し、炭素量に換算すると 115 トンの炭素が蓄積していた。このように、無間伐林の方がバイオマス量は多かったものの、枝や葉の量は間伐林の方が多かった。今後の成長を考えると、現段階で平均直径が間伐林の方が大きいことや、葉の量が多いほど二酸化炭素吸収能および物質生産量が増加することを考えると、将来的には間伐を行った方が成長に期待が持てると考えられる。

80 年生の間伐林では地上部に 358 トンの有機物が存在し、炭素量に換算すると 178 トンの炭素が地上部に蓄積していた。調査を行った 3 林分の ha 当りの幹材積とバイオマス量の間には $R^2 = 0.95$ の高い相関が認められた。

80 年生林分では伐採後の炭素変化量を調べるために、落葉層と土壌の炭素量も調査しており、落葉層には 21 トンの有機物が存在し、これを炭素量に換算すると 11 トンとなり、土壌 0~30cm 深には 107 トンの炭素が蓄積していた。本調査地は黒ボク土が混じっていたため、一般の褐色森林土よりは炭素量が高い傾向にあるものの、107 トンという量から、土壌に蓄積する炭素も無視できない量であり、一般的に土壌深は 50~100cm あることから、このような温帯以北の地域における土壌中の炭素量は大きく、炭素の貯蔵庫として無視できないものである。

「表—2」

「表—3」

「図—1」

葉と枝の有機物量は全バイオマス量から見ると、林齢に関係なく 30 トン程度であり、幹でのバイオマス量の違いが炭素の蓄積量を変化させる最大の要因となっており、収量比数の似ている間伐林で比較すると 80 年生のバイオマス量は 39 年生の 2.4 倍となり、80 年生になるまで幹への蓄積は衰えることなく続いていることが明らかになった。ちなみに、一台の乗用車が 1 年間に 1 万 km 走行し、その平均の燃費が 10km/?だとすると、80 年生の林分では地上部から土壌 30cm 深まで、1ha 当り 316 トンの炭素が蓄積していたが、これは乗用車 500 台分以上の年間炭素排出量に相当する計算となる。

6. まとめ

一般的に森林は若齢時には炭素を固定し、老齢になると成長が減退して呼吸による二酸化炭素の放出と光合成での炭素固定量の収支はゼロになるといわれている。今回の解析で 80 年生の高齢級林分は 40 年生前後の壮齢林分よりもバイオマス量をはるかに多く、高い炭素の蓄積効果が期待できることが判明した。また、間伐を繰り返した林分は無間伐の林分よりはバイオマス量が少なくなる傾向があるものの、バイオマス資源としての間伐材の用途を早急に開拓することによって、無間伐林よりも高度な公益的機能を発揮できる可能性を持っているものと考え。二酸化炭素吸収能をになう葉量については、間伐林では本数が少ないにもかかわらず、無間伐林よりも葉量が多かった。

現在、秋田県内のスギ人工林は約 37 万 ha あり、スギ人工林の平均樹齢は 40 年生以下であるので、今後とも森林の整備に力を入れて、健全な森林を維持する努力が大切である。

7. 引用文献

- 1) 林野庁：平成 13 年度炭素吸収源データ収集システム開発事業報告書、2002
- 2) さがら邦夫編：地球温暖化は阻止できるか、藤原書店、pp260、1998
- 3) 藤森隆郎：地球温暖化防止における森林の役割、木材情報、2003、140 号
- 4) 諸富徹：温暖化ガス吸収源としての日本の森林、林経協月報、2002、12

表一1 調査林分の概要

林種	阿仁80年		西木35年		大曲39年	
	高齡林	無間伐林	無間伐林	間伐林		
平均樹高	33.3	19.2	19.2	17.2		
平均直径	45.1	22.0	22.0	24.2		
本数・ha	412	1,550	1,550	975		
幹材積	975	646	646	336		
収量比数	0.71	0.87	0.87	0.67		
地位	II		II		III	

表一2 調査地のバイオマス量

	阿仁80年		西木35年		大曲39年	
	バイオマス量	乾物ton/ha	バイオマス量	乾物ton/ha	バイオマス量	乾物ton/ha
幹	324.6	195.9	195.9	135.4		
枝	17.4	11.8	11.8	14.5		
葉	15.3	17.4	17.4	20.7		
枯れ枝	1.1	5.2	5.2	4.7		
下層植生	2.8	2.6	2.6	2.0		
倒木	36.8	15.9	15.9	47.7		
A0層	20.9					
合計	418.9	248.9	248.9	225.0		

表一3 調査地の炭素蓄積量

	阿仁80年		西木35年		大曲39年	
	炭素蓄積量	乾物ton/ha	炭素蓄積量	乾物ton/ha	炭素蓄積量	乾物ton/ha
幹	162.3	98.0	98.0	67.7		
枝	8.7	5.9	5.9	7.2		
葉	7.7	8.7	8.7	10.3		
枯れ枝	0.6	2.6	2.6	2.4		
下層植生	1.4	1.3	1.3	1.0		
倒木	18.4	8.0	8.0	23.9		
A0層	10.5					
土壌(0-30cm)	106.5					
合計	316.0	124.4	124.4	112.5		

図一1 森林に蓄積される炭素量

