

全木集材方式による未利用木質バイオマス収集コスト削減と 林内物質動態への影響

北海道大学大学院環境科学院

永岡 彩

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

秋林 幸男・野村

睦・高木健太郎

上浦 達哉・北條

元・高橋 廣行

小塚 力・坂井

励・笹 賀一郎

はじめに

化石燃料起源の温室効果ガス増加による地球温暖化の緩和対策や、枯渇が懸念され価格変動が著しい石油の代替対策として再生可能エネルギーの実用化が重視されている。

特に木質バイオマスは「カーボンニュートラル」の特性を持ち、エネルギー利用することで二酸化炭素の追加的な発生を抑えられることで注目されている。また木質バイオマスのエネルギー利用においては、大量に資源が存在すること、利用に季節的制約が少ないことなどから、安定して供給できる可能性が高い(5)。木質バイオマスは製材工場等残材、建設廃材、林地残材に大別され、林地残材はほとんど利用されていない。その理由の一つとして、林内に広く散在しているため収集コストが高いことがあげられる。平成18年3月に改定された「バイオマス・ニッポン総合戦略」(3)では林地残材を利用することで未利用バイオマスの利用率を増加させる具体的な数値目標が掲げられており、利用促進には収集、運搬に要するコストの削減を図ることが重要視されている。

一方では、枝や葉を含む林地残材を回収・利用することで土壌に供給される養分が減少することが危惧されている。森林の保全、持続的利用のためには、樹幹のみの収穫だけでなく、林地残材(未利用木質バイオマス)のほとんどが収集された場合における林内の物質動態への影響についても把握されることが必要となっている。

しかし、未利用木質バイオマスの利用に関する研究において、収集コストの削減に取り組んだ例は少ない(2,4,6)。同様に、樹幹に加えて未利用木質バイオマスまでも収穫された場合の林内物質動態変化を観測した例もほとんど見られない。及川(1)は、コストが最も高くなると考えられる天然林択伐の過程において未利用木質バイオマス収集コストに関する試験を行い、合わせて収集試験前後の林内物質動態変化の観測を行っている。

本研究では、事業化に向けた経費積算のための基礎的データを得ることを目的に、コストが最も低くなると考えられる人工林皆伐施業に伴う未利用木質バイオマスの収集と運搬コストの把握を行った。また、未利用木質バイオマス収集がリターフォール量の変化や土壌表層部における土壌水質の動態に与える影響の把握を行った。

研究方法

1) 人工林皆伐過程における未利用木質バイオマス収集試験

試験地は、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター森林圏ステーション北管理部天塩研究林303林班に位置する73~74年生のトドマツ、エゾマツの人工林に設定した。試験地と試験の概要は図-1のようである。

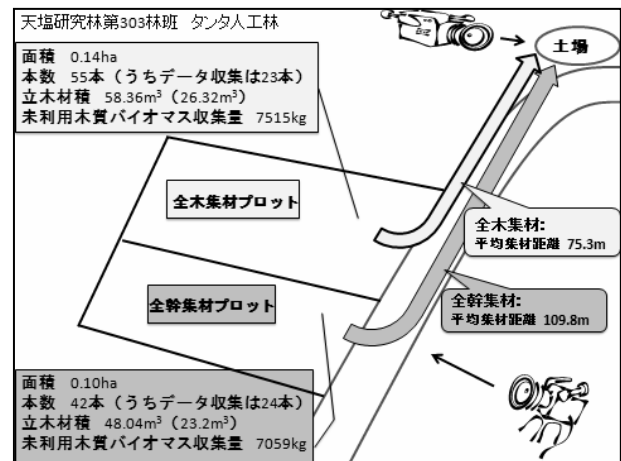


図-1 試験地の概要

2008年3月に、当試験地において人工林皆伐の過程で全幹集材、全木集材の2通りで集材し、未利用木質バイオマス収集を行う試験を実施した。全幹集材方式は、伐倒後林内で枝払いし幹のみを土場に集材する方法であり、未利用木質バイオマス収集は樹幹の搬出とは別に行われる。全木集材方式は、伐倒後に枝葉つきの幹を土場に集材し土場で枝払いを行う方法であり、伐倒地に分散した未利用木質バイオマスを収集する過程が省略でき、コストを削減することができると考えられる。全幹集材方式・全木集材方式ともに伐倒・枝払い・玉切りにはチェーンソー、木寄せにはグラップルローダ、集材・未利用木質バイオマスの運搬にはブルドーザーを使用した。それぞれの作業工程をビデオで撮影し、記録した画像から各作業における作業人員数、重機の稼働時間を解析し、各作業にかかったコストを算出した。コスト計算方法は以下のとおりである。

$$\text{収集コスト} = (\text{重機稼働時間} \cdot \text{作業時間}) \times (\text{人件費}) + (\text{燃料単価}) \times (\text{燃料消費量})$$

Aya NAGAOKA(Graduate School of Environmental, Hokkaido University, Sapporo 060-0808), Yukio AKIBAYASHI, Mutsumi NOMURA, Kentaro TAKAGI, Tatsuya KAMIURA, Hajime HOJO, Hiroyuki TAKAHASHI, Chikara KOZUKA, Rei SAKAI, Kaichiro SASA(Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University, Sapporo 060-0809)
Cost reduction of logging slash collecting by whole tree skidding method and effects on material flow

2) 林内物質動態への影響の観測

樹幹および未利用木質バイオマスの収穫が林内物質動態に与える影響の観測は同研究林 303 林班トドマツ、エゾマツの人工林と、349 林班に位置する天然林の 2 箇所で行った。349 林班の林相はトドマツ・エゾマツなどの針葉樹と、ミズナラ・ダケカンバ・シナノキなどの広葉樹の混交林である。

人工林の試験地においては、上記の皆伐過程における未利用木質バイオマス収集試験前後のリターフォール量と土壌水質の変化の観測を行った。リターフォール量についてはリタートラップを 3 個設置し、試験前後の乾燥重量を比較した。土壌水は試験区内の 3 か所それぞれの A0 層、A 層にテンションフリーライシメータを設置し、毎月 1 回程度の間隔で採水を行った。

天然林の試験地においては、及川 (1) によって設置された施設を利用して観測を継続した。リターフォール量の観測については、斜度 3.9°の「平坦試験地」斜度 11.6°の「緩傾斜試験地」の 2 つのプロットにリタートラップを 5 個ずつ計 10 個設置し、観測を継続した。土壌水については、「平坦試験地」・「緩傾斜試験地」に「対照区」を加えた 3 プロットのテンションフリーライシメータで毎月 1 回の採水を行った。テンションフリーライシメータは A 層の下に設置している。

土壌水の分析にあたっては、オートアナライザーを使用して NO3-N、NO2-N、NH4-N、PO4-N の分析をおこなった。

結果と考察

1) 未利用木質バイオマスの収集コスト

今回の収集試験においては全木集材プロットにおいては 23 本 (26.32 m³)、全幹集材プロットにおいては 24 本 (23.2 m³) の伐採木を対象とした。全木集材方式および全幹集材方式で収集した未利用木質バイオマスはそれぞれ 7515kg・7059kg であり、素材材積当りに換算するとそれぞれ 286kg/m³・304kg/m³であった。

図-2 は全木集材方式と全幹集材方式における各作業に要した作業時間と重機の稼働時間を素材材積当り (分/m³) で表したものである。全木集材方式における素材生産過程 (木寄せ、運搬、ワイヤーかけ・はずし) に要した時間を全幹集材方式と比較すると、ほぼ同等の所要時間となっている。伐倒と枝払いに要した作業時間は全木集材方式と全幹集材方式とでほとんど差が見られなかったことから、枝葉つきのままの全木集材方式でも全幹集材方式とほぼ同等の所要時間で素材生産を行うことができることが把握された。また、全木集材方式における土場での未利用木質バイオマスの集積についても、枝払い場所から集積場所までは至近距離であったためほとんど時間は必要としなかった。これらの結果から、全幹集材方式においては未利用木質バイオマス収集・運搬に要する時間が全木集材方式よりも余分に必要となることが明らかとなった。

各作業における作業時間および重機の稼働時間から人件費と燃料費を求めた結果を表-1 に示した。全木集材方式における未利用木質バイオマス収集も含めた素材生産コストは 7992 円となった。全幹集材方式では素材生産

に要したコストは 7158 円、未利用木質バイオマスの収集と運搬コストは 6371 円であった。それぞれのコストを収集した未利用木質バイオマス 1t 当りに換算すると、全木集材方式における素材生産を含めた未利用木質バイオマス収集に要したコストは 1064 (円/t)、全幹集材方式における素材生産に要したコストは 1014 (円/t)、全幹集材方式における未利用木質バイオマス収集と運搬に要するコストは 903 (円/t) となった。これらの結果から、全木集材方式における未利用木質バイオマス収集も含めた素材生産に要するコストは全幹集材方式における素材生産に要するコストとほぼ同等になり、全木集材方式においては全幹集材方式における未利用木質バイオマス収集と運搬に要するコスト約 900 円を削減できることが明らかとなった。

また、全幹集材方式で未利用木質バイオマスを収集するコストは天然林択伐では 1072 円/t、人工林皆伐では 309 円/t (グラップルローダで収集) となり、皆伐施業における未利用木質バイオマス収集コストは択伐施業の 3 分の 1 以下になった。

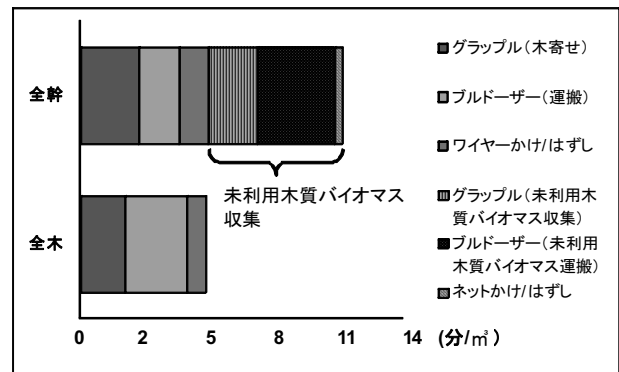


図-2 素材材積当りの各作業所要時間

表-1 全木集材方式と全幹集材方式の経費内訳

全木集材			
	グラップル(木寄せ)	ブルドーザー(運搬)	ワイヤーかけ/はずし
所要時間(○時間○分○秒)	0:53:01	1:12:11	0:22:24
燃料消費量(ℓ)	16.8	13.5	×
作業人員数(人)	1	1	1
人件費(円)	1641	2234	693
燃料費(円)	1898	1526	×
人件費+燃料費(円)	3539	3760	693
全幹集材			
	グラップル(木寄せ)	ブルドーザー(運搬)	ワイヤーかけ/はずし
所要時間(○時間○分○秒)	1:00:26	0:42:01	0:30:17
燃料消費量(ℓ)	10	17	×
作業人員数(人)	1	1	1
人件費(円)	1870	1300	937
燃料費(円)	1130	1921	×
人件費+燃料費(円)	3000	3221	937
未利用バイオマス収集			
	グラップル(収集)	ブルドーザー(運搬)	ネットかけ/はずし
所要時間(○時間○分○秒)	0:51:34	1:18:47	0:08:33
燃料消費量(ℓ)	5	11	×
作業人員数(人)	1	1	2
人件費(円)	1596	2438	529
燃料費(円)	565	1243	×
人件費+燃料費(円)	2161	3681	529

2) 林内物質動態への影響

図-3 に人工林・天然林における伐採前後のリターフォール量の変化を示した。人工林の皆伐試験地においては、伐採後約 50 分の 1 にまで減少している。天然林の択伐試験地においては、伐採 2 年後には伐採前の 11 分の 1、伐採 3 年後には 13 分の 1 となり、伐採 2 年目以降のリターフォール量はほぼ一定した値となっている。

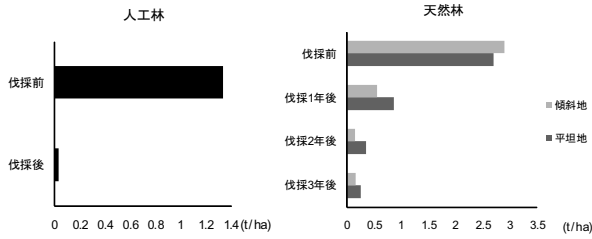


図-3 リターフォール量の変化

図-4 に天然林における土壌水中の NO₃-N、NH₄-N、NO₂-N、PO₄-P の動態変化を示した。伐採試験後 2~3 年間の物質動態観測では、緩傾斜地において NH₄-N 流出量の減少が確認された。また、平坦地においては若干の NO₃-N 流出量の増加が見られた。ただし、これらの状況からは、天然林択伐施業と未利用木質バイオマスの収集は、林内の物質動態にあまり大きな影響を与えていないように思われる。

図-5 に人工林における土壌水中の NO₃-N、NH₄-N、NO₂-N、PO₄-P の動態変化を示した。人工林皆伐施業における未利用木質バイオマス収集試験直後に A0 層、A 層ともに NO₃-N の著しい増加が見られた。皆伐施業においては、伐採直後から顕著な変化が表れるようである。

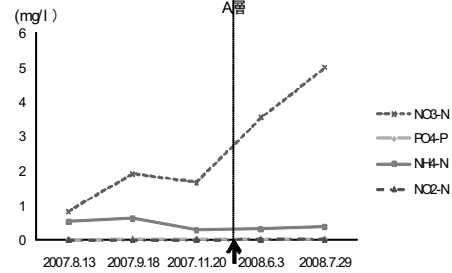
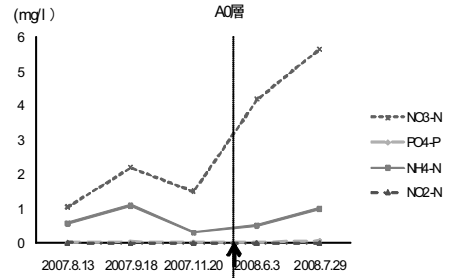


図-5 人工林土壌水中の栄養塩類含有量変化

まとめ

人工林皆伐施業に伴う未利用木質バイオマスの収集においては全木集材方式の採用により未利用木質バイオマスの収集コストを 1t 当たり約 900 円削減できることが明らかになった。また、全幹集材方式で未利用木質バイオマスを 1t 収集するコストを人工林皆伐時と天然林択伐時と比較すると、人工林皆伐時の方が 3 分の 1 以下のコストで収集できることが明らかになった。これは人工林における皆伐施業の方が択伐施業に比べ作業効率が良いことにより、未利用木質バイオマス収集に使用したグラップルローダの稼働時間が短縮されたためである。

天然林択伐による林内物質動態の変化については、未利用木質バイオマス収集による顕著な影響が確認されなかった。人工林皆伐では森林伐採と未利用木質バイオマス収集の影響と思われる NO₃-N 流出量の増加が確認された。未利用木質バイオマス収集の林内物質動態への影響を把握するためには、対照区を設けながら、長期的な観測を続けてみる必要があると考えられた。

引用文献

- (1) 及川正敏 (2007) 木質未利用バイオマスの収集コストと林内物質動態への影響. 日林北支論 55 : 98-100
- (2) 酒井明香ほか (2008) 林地残材のエネルギー利用に向けた収集・チップ化システムの検討-むかわ町穂別での事例-. 日林北支論 56 : 125-127
- (3) 総理府 (2006) バイオマス・ニッポン総合戦略
- (4) 立川史郎 (2005) エネルギー利用のための若齢間伐木収集・運搬システムの効率化と課題. 機械化林業 622 : 1-6
- (5) 農林水産省 (2005) 農林水産統計 (木質バイオマス利用実態調査)
- (6) 森口啓太ほか (2004) 林地残材を木質バイオマス燃料として利用する場合のチップ化と運搬コスト. 日林誌 86 (2) : 121-128

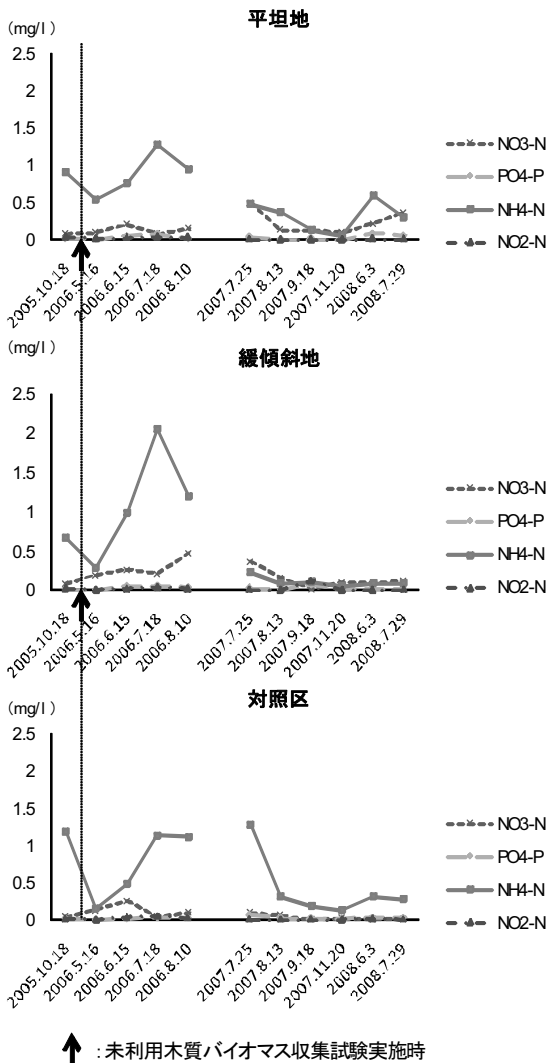


図-4 天然林土壌水中の栄養塩類含有量変化