

論文の内容の要旨

森林科学専攻

平成23年度博士課程入学

氏名 金 ミンギョ

指導教員名 酒井 秀夫

論文題目 タワーヤーダによる集材作業システムと最適路網密度に関する研究

韓国は全体国土面積の63.9%が森林面積であり、森林のほとんどは1970年代に集中的に植林したものである。21年生以上の森林は約87%で、収穫時期である31年生以上の森林は約65%である。まだ成長が旺盛な森林として森作り、間伐事業等が必要な状況である。また、韓国の山林庁は木材自給率を2014年の16.7%から2017年まで21%に増大する方針を推進している。今後地球温暖化、二酸化炭素排出権などの気候変化に対応する環境問題と連係して健康な森林の造成と木材資源の確保のために間伐事業等が推進されると考えられる。一方、農山村の人口の減少及び高齢化等によって林業労働力の確保が困難な状況であるため、森林作業において生産性の向上と労働環境の改善が必要であり、そのためには林業機械化の必要性が高まっている。韓国は1967年山林庁が開庁され、森林作業が始められた。1970年代ののこぎりとかまによる森林作業が1980年代にチェーンソーの普及が始められ、1985年にはオーストリアからタワーヤーダ（Koller社、K-300）を導入し、1990年代に日本からヤーダ集材機（Iwafuji社、Y-28DE）、自走式搬器（Iwafuji社、BCR 08SP）などを導入した。1997年度にはトラクタ集材機（山林組合、HAM200）を開発し、2000年代からは大型林業機械による森林作業時代が到来した。

高性能林業機械の活用等によって林業の生産性を向上させていくためには、その作業現場に適合する高性能林業機械や作業システムを考えて路網を整備していくことが重要である。一方、現在韓国の林道密度は約2.9 m/haであり、これに対し、ドイツは46 m/ha、オ

オーストリアは45 m/ha , 日本は13 m/ha である。

また、急傾斜地が多い韓国の森林条件からみると傾斜地でも作業が可能である架線系集材機が不可欠であり、それを解決することができるタワーヤーダの活用が重要と考えられる。

第2章では、韓国で行われているリギダマツ21~30年生の皆伐におけるタワーヤーダ RME - 300T による集材作業システムを分析した結果、出材量 $Vh = 80 \text{ m}^3/\text{ha}$ と $Vh = 240 \text{ m}^3/\text{ha}$ の場合、集材作業費 (won/m³) と架設・撤去費 (won/m³) の合計が最小になる集材距離はそれぞれ78mと58mであり、そのときの費用はそれぞれ 40948 won/m³ , 21386 won/m³ であった。同じ条件下で行われたグラップル付きバックホウの集材費 14549 won/m³ と比べると、 $Vh = 80 \text{ m}^3/\text{ha}$ の場合は路網費用を除く集材作業費だけでも 20967 won/m³ ~ 45104 won/m³ になり、グラップル付きバックホウの集材費より高費用の結果であった。タワーヤーダの機械購入価格が1億5000万ウォンであり、グラップル付きバックホウの機械購入価格の6000万ウォンよりも2.5倍高く、労働生産性もグラップル付きバックホウの短幹集材 34.75 m³/日と端材、枝葉、樹皮の林地残材収穫 37.66 m³/日に対して、タワーヤーダによる集材は20.3 m³/日であり、作業員数もグラップル付きバックホウの1人に対してタワーヤーダは3人要したため人件費も高くなり、グラップル付きバックホウによる集材よりも集材費が高くなった。しかし、グラップル付きバックホウによる集材は、短幹集材、下げ荷集材に限られ、全幹・全木集材と上げ荷集材はできず、間伐地域や急傾斜地においては集材作業が不可能である。韓国の森林バイオマスの需要は2010年から2014年まで412000 m³から4605000 m³に、5年間で10倍に増加している反面、国内供給量は220000 m³から967000 m³であり、残りの192000 m³から3638000 m³は輸入している状況である。森林バイオマスの供給のためにはタワーヤーダによる全幹・全木集材が有効であり、作業現場に適切な作業システムを選択する必要がある。

第3章では、日本で行われているタワーヤーダ WF と NR を比較し、WF は NR に比べて搬器走行速度が大きいので、最大集材距離が長くなるほど WF の方が労働生産性が高く、

また荷掛け材積が大きくなるほど両者の差は大きくなった。しかし、WFは機械価格が高く、架設撤去にも時間を要したため、集材距離が短く、荷掛け材積が小さいときに、費用面ではNRの方が有利となる傾向がある。森林作業道を開設した列状間伐では、路網費用を含めた合計費用は7000円/m³前後になってしまうが、荷掛け材積が0.8m³/回の皆伐ならば、3000円/m³以下が実現可能である。林業専用道になると皆伐前提でも路網費用を含めた合計費用は4616円/m³～5487円/m³となった。

第4章では、RME、WF、NRを韓国の40年生リギダマツ林、30年生カラマツ林を想定して分析した結果、最大集材距離が長くなるほど労働生産性は下がるが、0～57mにおいてはRMEの労働生産性が高く、58m以上になるとWFの労働生産性が高くなった。またWFとNRを比較すると、最大集材距離が長くなるほどWFの方が労働生産性が高く、また荷掛け材積が大きくなるほど両者の差は大きくなった。

しかし、WFとNRの機械価格がRMEの機械価格より約1.7～2倍高く、特にWFは主索固定式（スタンディングスカイライン式）であることから架設撤去に時間を要した。これによりRMEが費用面で有利となった。作業林道の列状間伐では、路網費用を含めた合計費用は74000won/m³～109000won/m³であるが、荷掛け材積が0.6m³/回の皆伐ならば、60000won/m³以下が実現可能である。

韓国のカラマツとリギダマツの材価は141600won/m³、122400won/m³であり、既往研究の伐倒費2099won/m³、造材費18597won/m³、運材費12701won/m³（森林現場から1.5km離れている中間土場まで）の合計費用33379won/m³を勘案すると、今回の結果からリギダマツ40年生林において作業林道を開設した場合はRMEによる列状間伐とWF・NR・RMEによる皆伐集材作業に採算の可能性がみられた。カラマツ30年生林において作業林道を開設した場合はWF・RMEによる列状間伐とWF・NR・RMEによる皆伐に、幹線林道を開設した場合はRMEによる皆伐集材作業に採算の可能性が明らかになった。山林庁は木材需要が増加することを予測して国内木材供給を増加する計画であるが、バイオマス利用も前提にした全木集材にして、作業林道・幹線林道などの林道の有無、林齢、出材量などを考慮しながら、タワーヤードによる集材作業によっ

て、採算性を向上させる可能性がある。

急傾斜地の集材作業では架線系林業機械が不可欠であり、ある程度大形の機械を導入するためにはくり返しの長期の利用を前提とした路網整備が必要であり、さらに荷掛け材積を大きくするのが有用である。最大集材距離200 mのタワーヤードによる集材作業であれば45 m/ha以上の路網密度が必要と考えられる。しかし、韓国の林道密度は1987年の0.11 m/haから2014年の2.9 m/haであり、毎年増加し続けてはいるものの、極めて低い状況である。韓国の林道の総延長は2014年現在19077 kmであり、林道密度が上記の45 m/haになるためにはこれからさらに276945 kmの林道を新設する必要がある。韓国戦争で荒れ果てた国土を山林緑化および燃料林として1970年代に植栽したリギダマツ林の木材としての価値が低く、伐期齢が過ぎたため、カラマツ林に樹種更新することを想定し、カラマツ林の伐期齢である30年で45 m/haの林道密度を実現するためには年間92315 kmの作業林道、幹線林道などの林道新設が必要である。

これから、韓国においてタワーヤードによる集材作業システムの効率性を高めるためには、タワーヤードオペレータ、荷かけ手、荷下し手などの作業員に対する教育・訓練が必要である。労働生産性を重視するのであればWFの導入が有効であり、費用面でも競争力を得るために、仮にWFとNRの機械購入価格が現在の25%まで低減できたとすると、作業林道を開設するリギダマツ林の皆伐の場合、WFとNRの集材費用を57764 won/m³と59418 won/m³に低減することができ、RMEの58340 won/m³と対等になる。今後、国内で低価格のタワーヤードを開発することも重要事項と考えられる。