

グラップルクレーンによる木材積込作業

酒井秀夫***・南方 康*・伊藤幸也***
仁多見俊夫***・岩岡正博*

Log-Loading with a Hydraulic Grapple-Crane

Hideo SAKAI***, Yasushi MINAMIKATA*, Koya ITO***,
Toshio NITAMI*** and Masahiro IWAOKA

I はじめに

木材価格の低迷により、木材生産作業も各工程でさらに一層の合理化が必要になってきている。中でも木材積込工程は、他工程に比べて作業条件が単純かつ良好であり、高度な機械化が最も容易である。木材積込作業が高効率に行われるならば、積込費用の節減のみならず、土場が迅速に整理され、土場における造材作業や集材工程も円滑に進めることができるようになる。また作業現場の位置によっては、貯木場までの1日当りのトリップ数を稼ぐことも可能となり、運材トラックの配車計画を改善することもできるようになる。

トラックの木材積込作業は、今まで盤台(図-1)やすり棒(図-2)によって地形や重力を利用したり、ウインチクレーン等を用いることが多く(図-3~5)、これらについては既に成書に解説されている^{4,6~8)}。しかし最近になって、わが国でもようやくグラップル(またはグラブ)クレーン^{4,6,8)}も普及し始めている(図-6~8)。積込作業の手際の良さには、桟、トラック、クレーン相互の位置関係が重要な因子となるが、グラップルクレーンは、土場が狭くても、また桟の正面からでなくても機動的に積込作業ができるので、この点フォークリフトやログローダよりも優れている。またウインチクレーンのように玉掛や荷はずし作業が不要であり、多少材が不揃いでも扱いが容易である。

本報は、このグラップルクレーンによる木材積込作業について調査する機会を得たので、従来の積込作業との比較検討を行った。

II 調査の概要

グラップルクレーンの作業工程については、H社の製品については、1987年1月29日、前橋宮林局勿来営林署管内のS社作業現場で収集した(図-7)。この現場ではバックホウをベースにしたグラップルクレーンにより、まずトラック荷台の前半部に進行方向に平行に積載し、整理、荷しぼりを行った後、後半部に積載するという方式で積込作業を行っていた。さらに、運材の待ち

* 東京大学農学部林学科

Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

** (現勤務先) 宇都宮大学農学部林学科

(Present address) Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Utsunomiya University.

*** 東京大学農学部附属秩父演習林

Experimental Forest at Chichibu, Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

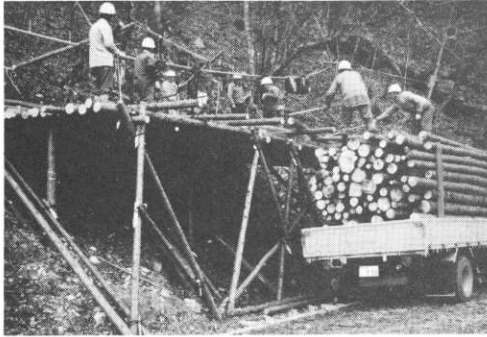


図-1 盤台を利用した木材積込作業 (1982年12月 東京大学秩父演習林)

Fig. 1. Manual log-loading from a deck (December, 1982. Experimental Forest of the University of Tokyo at Chichibu, Saitama Prefecture).



図-2 すり棒を利用した木材積込作業 (1984年6月 東京大学秩父演習林)

Fig. 2. Manual log-loading using roller-rods (June, 1984. Experimental Forest of the University of Tokyo at Chichibu, Saitama Prefecture).



図-3 ウィンチクレーンによる木材積込作業 (1980年12月 東京大学千葉演習林)

Fig. 3. Log-loading with a winch-crane attached to a truck (December, 1982. Experimental Forest of the University of Tokyo at Amatsu, Chiba Prefecture).



図-4 ウィンチクレーンによる木材積込作業 (1985年2月 鷹巣営林署管内)

Fig. 4. Log-loading with a truck-crane (February, 1985. Takanosu National Forest, Akita Prefecture).



図-5 トラッククレーン車による木材積込作業 (1982年11月 三重県美杉村)

Fig. 5. A mobile loader-truck with an A-frame (November, 1982. Private forest in Misugi, Mie Prefecture).

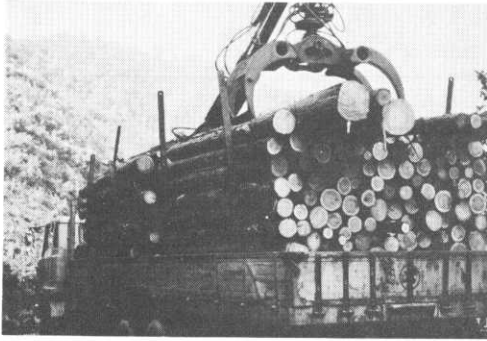


図-6 トラック付属のグラップルクレーン
(1986年10月 平塚宮林署管内)

Fig. 6. A hydraulic grapple-crane attached to a truck (October, 1986. Hiratsuka National Forest, Kanagawa Prefecture).



図-7 グラップルクレーンによる木材積込作業
(1987年1月 勿来宮林署管内)

Fig. 7. Log-loading with a hydraulic grapple-crane mounted on a back-hoe (January, 1987. Nakoso National Forest, Fukushima Prefecture).

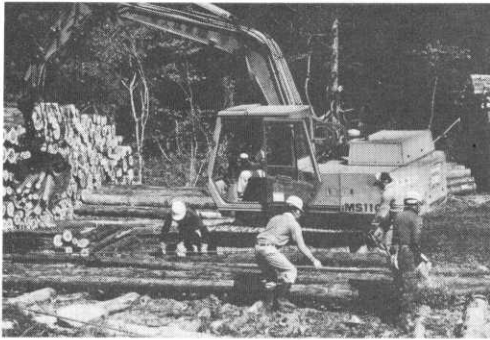


図-8 グラップルクレーンによる土場作業
(1986年9月 大田原宮林署管内)

Fig. 8. Decking logs at a landing with a hydraulic grapple-crane (September, 1986. Ohtawara National Forest, Tochigi Prefecture).

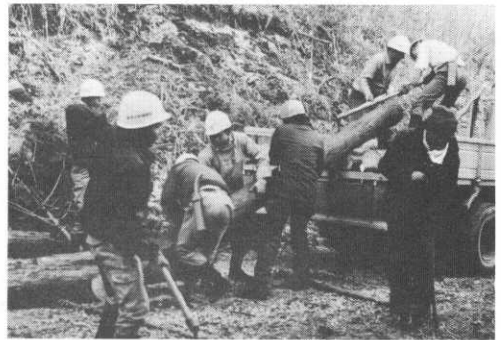


図-9 手積による木材積込作業 (1983年1月
東京大学秩父演習林)

Fig. 9. Manual log-loading (January, 1983. Experimental Forest of the University of Tokyo at Chichibu, Saitama Prefecture).



図-10 小型ウィンチクレーンによる林内作業車
への木材積込作業 (1982年8月 群馬
県下仁田町)

Fig. 10. Log-loading of a light forwarder with a small winch-crane (August, 1982. Private forest in Shimonita, Gumma Prefecture).

表-1 作業の概要

Table 1. Operational conditions of experiments.

Loading method	A Loaded volume (m ³)	B Number of logs	A/B (m ³ /log)	Loaded volume per turn (m ³ /turn)	Crew
Hydraulic grapple-crane	30.013	130	0.231	0.938	One operator, and two men arranging on the truck bed
Small winch-crane	3.592	19	0.189	0.359	One operator, and one man arranging on the truck bed
Manual	8.446	73	0.116	0.116	Two men for arranging on the truck bed, five for loading, and two for arranging deck

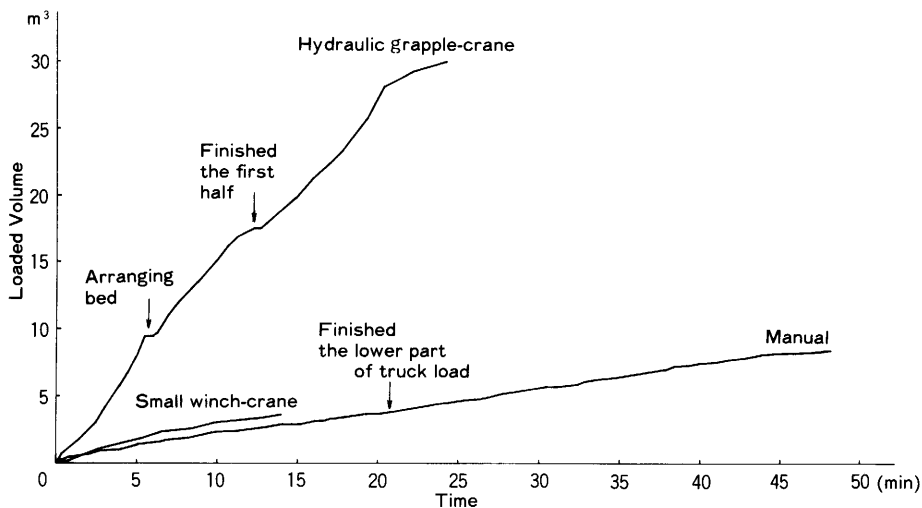


図-11 積載材積の増加

Fig. 11. Progress of loaded volume by the three methods.

時間を利用して、土場の巻立、整理作業にもグラップルクレーンを併用しており（図-8）、集材用機械とうまく組合せながら、セットとしてグラップルクレーンを有効に活用していた。

またグラップルクレーンと比較対照するために、1983年1月12日、東京大学秩父演習林において行われた手積による積込作業も分析した（図-9）。

またウインチクレーンについても、トラック積込ではなく、しかも小型ではあるが、林内作業車（D号）への積込について、1982年8月20日収集した群馬県下仁田町での資料を用いて分析した（図-10）。

調査対象地の各作業条件の概要を表-1に示す。

表-2 調査対象地の付帯作業

Table 2. Appurtenant works of log-loading (sec).

Loading method	Preparation	Stake making	Moving truck	Moving loader	Fastening loads
Hydraulic grapple-crane	30	110	64	42	88+80
Small winch-crane	80	-	0	0	124
Manual	0	182+85	41+44	0	265+480

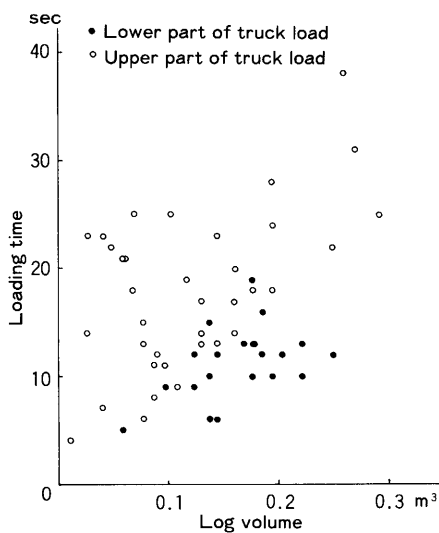


図-12 手積作業における積込材積と積込時間の関係

Fig. 12. Relationship between log volume and manual loading time.

表-2に示すとおりである。

図-11より、付帯作業を除く1時間当りの積載材積は、グラップルクレーンが74.157 m³/時、小型ウィンチクレーンが15.468 m³/時、人力手積が10.543 m³/時である。これにアウトリガーの設置や荷くずれ防止のステーキ作り、荷しばり時間、作業人員を加算すると、積込作業能率はそれぞれ20.405 m³/人時、6.217 m³/人時、0.867 m³/人時となり、比にすると24 : 7 : 1と、グラップルクレーンが少人数ながらも非常に高能率であることがわかる。

グラップルクレーンによれば、材が小さい場合でも一度に数本つかむことができ、クレーンの容量内で材が大きくなればなるほど作業能率も良くなる。グラップルクレーンでは一定の積込量で作業を続けることができるが、終了間際になると荷台の積載スペースが少なくなるため、積載が慎重になり、能率が落ちることが、図-11の曲線から確認することができる。

これに対して手積では持ち上げることのできる材の大きさには限界があり、積載量が多くなればなるほど疲労の面からも不利になる。手積作業について積込材積とその積込時間の関係をみる

III 結果と考察

1. 積込作業能率

各資料の積込時間経過に伴う積載材積の増加を図-11に示す。なお、図-11には荷台の整理も含む。人力手積では、クレーン作業の場合と異なり、桟からトラックの所まで材を小運搬しなければならないので、これも含める。ただし、荷しばりやトラック小移動、アウトリガーの設置等の付帯時間は、桟の大きさにもよるため、控除してある。いうまでもなく桟の量が少なければ、頻繁にトラックやクレーンを移動させなければならない、それだけ付帯作業も多くなるので、人力手積やウィンチクレーンのように最低3~4人は要する積込作業では、なるべく付帯作業を少なくしてロスタイムを極力小さくするようにしなければならない。資料の付帯時間については、

と(図-12)、下段部では積込時間が短く、上段部でも積込時間は材積に大体比例しているが、積載量が増えてくると材の引上げが大変になるため、上段部では能率が落ちる材もある。なお手積作業におけるトラックまでの材の木寄せならびに極の整理に、積込時間の64%をも要しており、荷台直下に材があるものとしてこれを除くと、正味の積込みだけでは4.149 m³/人時となる。

林内作業車は材に対して相対的に荷台がせまく、林内作業車の付属クレーンにとっては最悪の作業条件ではある。ウィンチクレーンのスリングロープのつけかえがあるため、資料からは積載材積と積込時間の相関関係は認められず、ばらつきが大きかった。スリングロープのつけかえは、積込作業の53%を占めており、仮にこれがないものとする積込能率は32.988 m³/時となり、上記グラップルクレーンとの差は、材の大きさ(表-1)、あるいはクレーン容量に基づくものと考えることができる。

2. 積込作業の費用

積込作業の人件費(円/m³)は、賃金(円/時)/作業能率(m³/人時)より求めることができる。いま、賃金を1700円/時とすれば、資料の人件費は、グラップルクレーンが83円/m³、小型ウィンチクレーンが273円/m³、人力手積が1961円/m³となる。これに対して、クレーンの機械費 M_p (円/m³)、燃料油脂費 F_u (円/m³)および諸数値は次式に従うものとする^{1,2)}。

$$M_p = P_s(0.5(1+k)CR_s + M_s + MT_s + k \cdot MY_s \cdot LY_s) / Y_s \cdot LY_s \cdot D_o \quad (1)$$

$$= 0.00156P_s / Y_s \quad (2)$$

$$F_u = FV_s \cdot FC_s \cdot (1+e) / Y_s \quad (3)$$

ただし、

Y_s : 1日の功程 (m³/日)

k : 年間標準運転日数/年間標準供用日数, 0.9

CR_s : 機械の償却費率, 0.9

D_o : 年間標準運転日数(日), 270

LY_s : 機械の耐用年数(年), 5

M_s : 機械の定期整備費率, 0.75

MT_s : 機械の現場修理費率, 0.21

MY_s : 機械の年間管理費率, 0.065

P_s : 機械の価格(円)

e : 油脂費その他の燃料費に対する比率, 0.2

FV_s : 機械の燃料消費量(l/日)

FC_s : 機械の燃料単価(円/l), 80

資料の作業実績から、グラップルクレーンの積込能力を440 m³/日とし、クレーンのベースマシンの費用を建設機械損料算定表²⁾を参考にして、3000円/時とすると、ベースマシンの機械費は40円/m³となる。ベースマシンおよびクレーンの燃料消費量を29 l/日とすると、燃料油脂費は高効率のため6円/m³となり、これらの費用を人件費と合計しても129円/m³である。したがって人力作業との差額は1832円/m³となり、(2)式からこれに相当するクレーン価格を求めると51672万円となり、十分に採算がとれることになる。さらに事業量によっては、積込工程で節減できた費用によって、積込作業とつりあいがとれるような他の高度な機械投資を可能ならし

めるものである。実際にはクレーン価格を600万円としても³⁾、クレーンの機械費は21円/m³程度であり、グラップルクレーンによる木材積込費用合計は、150円/m³と手積作業の僅かに1割である。

さらに、グラップルクレーンによれば、単に木材積込費用の低減のみならず、トラック運材の待ち時間を利用して、土場整理や、土場における造材作業の補助も高能率に進めることができ、集材工程も円滑ならしめることが可能である。また他の積込作業に比べて1回のトラック積込に10数分程度の短縮であっても、作業現場の位置によっては、貯木場までの1日当りのトリップ数を稼ぐことも可能となり、有効にトラックを活用し、さらには配車計画を改善することもできる。このように、作業システムの総合評価の見地からも、間接的な経費節減効果は非常に大きい。

IV おわりに

機械導入はどこの作業現場でも可能というわけではなく、事業としての作業量によるが、以上のようにグラップルクレーンは非常に能率良く、木材搬出作業全体にも良い結果をもたらしていることが確認できる。また、積込後の運材費は積込量に関係するが、積込量が多く、荷台が広ければ、それだけ高能率な積込機械を必要とする。

林内作業車の作業能率にとっては積込時間が最も大きなウェイトを占めているが⁵⁾、林内作業車への積込作業については、木寄も兼用させるためにウィンチクレーンが一方で有用ではあるが、林内を走行しながら桎を集材していくような場合には、既に欧米のフォアワグに見られるように、グラップルクレーンを標準仕様とすることが最も有効である。

なお資料収集にあたっては、倭文林業株式会社倭文俊昭氏はじめ同社の方々のご好意によるところが大きい。また下仁田町森林組合神宮 開氏はじめ同作業班の方々、東京大学秩父演習林の職員各位にご協力をいただいた。ここに謝意を表す。

要 旨

最近になって、わが国でもようやくグラップルクレーンが普及し始めている。グラップルクレーンを中心に木材積込作業について調査した結果、積込作業能率はグラップルクレーンが20.405 m³/人時、小型ウィンチクレーンが6.217 m³/人時、手積が0.867 m³/人時となり、グラップルクレーンが非常に高能率であることが確認された。手積作業では、トラックまでの材の木寄せならびに桎の整理に、積込時間の64%を要していた。小型ウィンチクレーンは林内作業車の付属クレーンではあったが、スリングロープのつけかえが、積込作業の53%を占めていた。

積込作業の費用は、試算の結果、人件費がグラップルクレーン83円/m³、小型ウィンチクレーン273円/m³、手積1961円/m³となり、グラップルクレーンのベースマシン代、クレーン代および燃料油脂費は、高能率のためそれぞれ、40円/m³、21円/m³、6円/m³となり、人件費と合計しても手積作業の僅かに1割である。事業量によっては積込作業で節減できた費用によって、積込作業とつりあいがとれるような他の高度な機械投資を可能ならしめるものである。

さらに、グラップルクレーンによれば、単に木材積込費用の低減のみならず、トラック運材の待ち時間を利用して、土場整理や、土場における造材作業補助を高能率に進めることができ、集材工程も円滑ならしめる。作業現場の位置によっては、貯木場までの1日当りのトリップ数を稼ぐことも可能であり、作業システムの総合評価の見地からも、間接的な経費節減は非常に大きい。

引用文献

- 1) 南方 康：林業における作業機械化の可能性. 森林文化研究 4(1), 1983.
- 2) 日本林道協会：林道必携設計編. 日本林道協会, 東京, 1982.
- 3) 林業機械化協会：林業機械便覧. 林業機械化協会, 東京, 1986.
- 4) 林野庁監修：林業機械（養成研修普通科教材）. 林野弘済会, 東京, 1983.
- 5) 酒井秀夫：合理的集運材システムに基づく長期林内路網計画に関する研究. 東大演報 76, 1987.
- 6) STENZEL, G., WALBRIDGE, T. A. Jr., and PEARCE, J. K.: Logging and Pulpwood Production. 2nd Ed. John Wiley & Sons, New York, 1985.
- 7) 梅田三樹男・辻 隆道・井上公基：標準功程表と立木評価. 日本林業調査会, 東京, 1982.
- 8) 山脇三平監修：改訂林業機械ハンドブック. スリーエム研究会, 東京, 1981.

(1987年3月27日受理)

Summary

Recently, hydraulic grapple-cranes have come into use in Japan. The log-loading productivity of our experiments with three methods was 20.405 m³/man-hour by hydraulic grapple-crane, 6.217 m³/man-hour by small winch-crane, and 0.867 m³/man-hour manually, thus recognizing that the hydraulic grapple-crane is the most efficient. Handling logs from decks to the truck and arranging decks required 64% of the manual loading time. Hooking and unhooking sling ropes of a small winch-crane attached to a light forwarder required 53% of loading time. Hydraulic grapple-cranes can eliminate this additional work.

Labor cost of loading was 83 yen/m³ by the hydraulic grapple-crane, 273 yen/m³ by the small winch-crane, and 1961 yen/m³ manually. Base-machine cost, crane cost, and fuel and oil cost of the hydraulic grapple-crane were only 40 yen/m³, 21 yen/m³, and 6 yen/m³, respectively, because of the high productivity. The total cost was only 10% of that of manual loading. The lower costs of hydraulic grapple-cranes enable the introduction of other high-performance logging-machines.

Additionally, hydraulic grapple-cranes may reduce logging costs indirectly. For example, a hydraulic grapple-crane mounted on a back-hoe not only lowers the loading cost but also is useful for decking logs at the landing, which will bring about smoother logging operations. In some cases, it may enable an increase in the number of trips per day to the market.