

# 主索ウインチ付スイングヤーダと繊維ロープの 導入による索張り距離の延長と 集材作業の安全化・効率化 新城森林組合



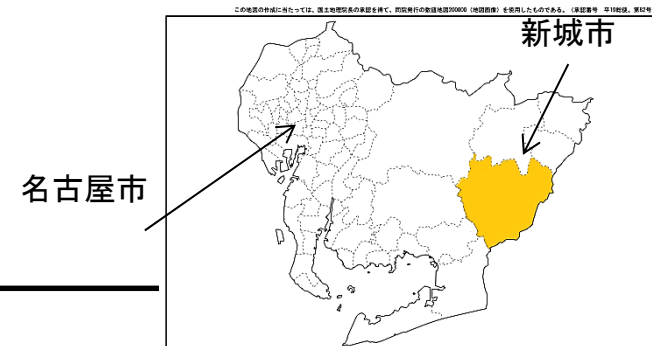
株式会社 南星機械 IWS-20DY1  
+ 東京製綱繊維ロープ株式会社 エースラインHD026B

新城森林組合

平成24年度 林野庁補助事業「先進的林業機械緊急実証・普及事業」(全国事務局、株式会社自然産業研究所) 新城森林組合 平成25年3月

# 1 当組合の現状

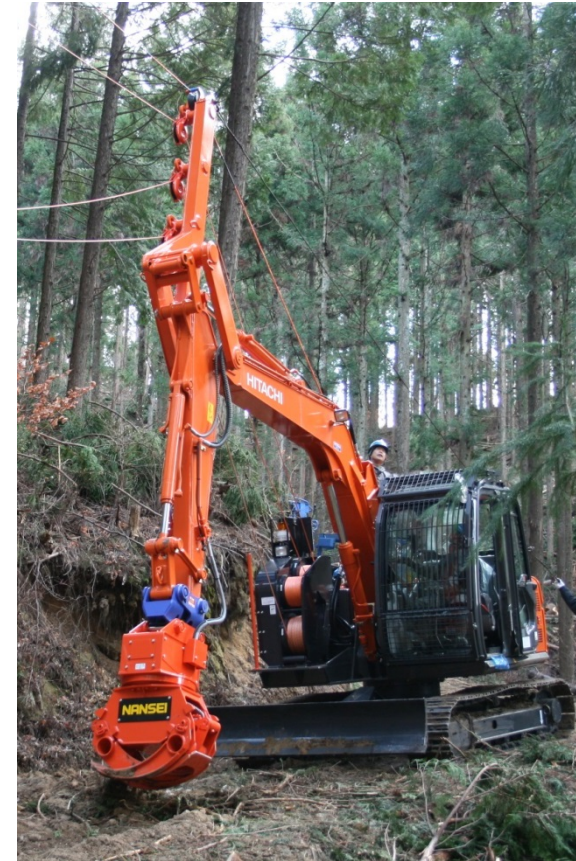
- 愛知県東部に位置する新城市を管内としている
- 森林の所有形態では、私有林が86%で、3ha以下の小規模所有者が56%を占め、路網開設により保有林地がなくなることがある
- 平成16年から高性能林業機械3点セットで利用間伐を進めてきた
- 列状間伐の場合、高齢の所有者から理解が得られにくい
- 根掛り等により生産性が上がらず経費がかかっている
- 従来のスイングヤーダは大径材に対応できない
- 労働強度が高く、負担が大きい



## 2 導入する機械

|           |                |                                                                                                 |  |
|-----------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 機 械 の 名 称 | 主索ウインチ付スイングヤーダ |                                                                                                 |  |
| 形 式       | IWS-20DY1      |                                                                                                 |  |
| メ ー カ ー 名 | 株式会社 南星機械      |                                                                                                 |  |
| 全 長       | 6,470mm        | 主索用ウインチ直引力<br>20.0kN<br>HAL用ウインチ直引力<br>23.0kN<br>HBL用ウインチ直引力<br>14.2kN<br>HCL用ウインチ直引力<br>14.2kN |  |
| 全 幅       | 2,730mm        |                                                                                                 |  |
| 重 量       | 約10t           |                                                                                                 |  |
| エンジン出力    | 40.5kw         |                                                                                                 |  |

平成22・23年度森林整備効率化支援機械開発事業において開発された大径材スイングヤーダの改良機



この他、IHI建機(株)のフォワーダ「F801」も導入しているが、主索ウインチ付スイングヤーダを主に記載した。

### 3 導入機械の特徴

#### 特徴

- 格納式元柱の装備
- 主索用ドラムの装備
- 繊維ロープ使用

#### 主な改良点

- 小型化(0.25m<sup>3</sup>対応)
- 補助索(HCL)を追加し1+3ドラム構造
- 繊維ロープを全てに使用
- 繊維ロープ用の搬器等の改良

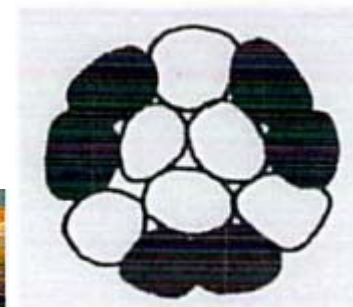


## 4 繊維ロープ

- 品名: エースラインHD026B
- 材質: 超高分子量ポリエチレン(ダイニーマ)  
樹脂加工付き
- 構造: 12打ち(2×6)



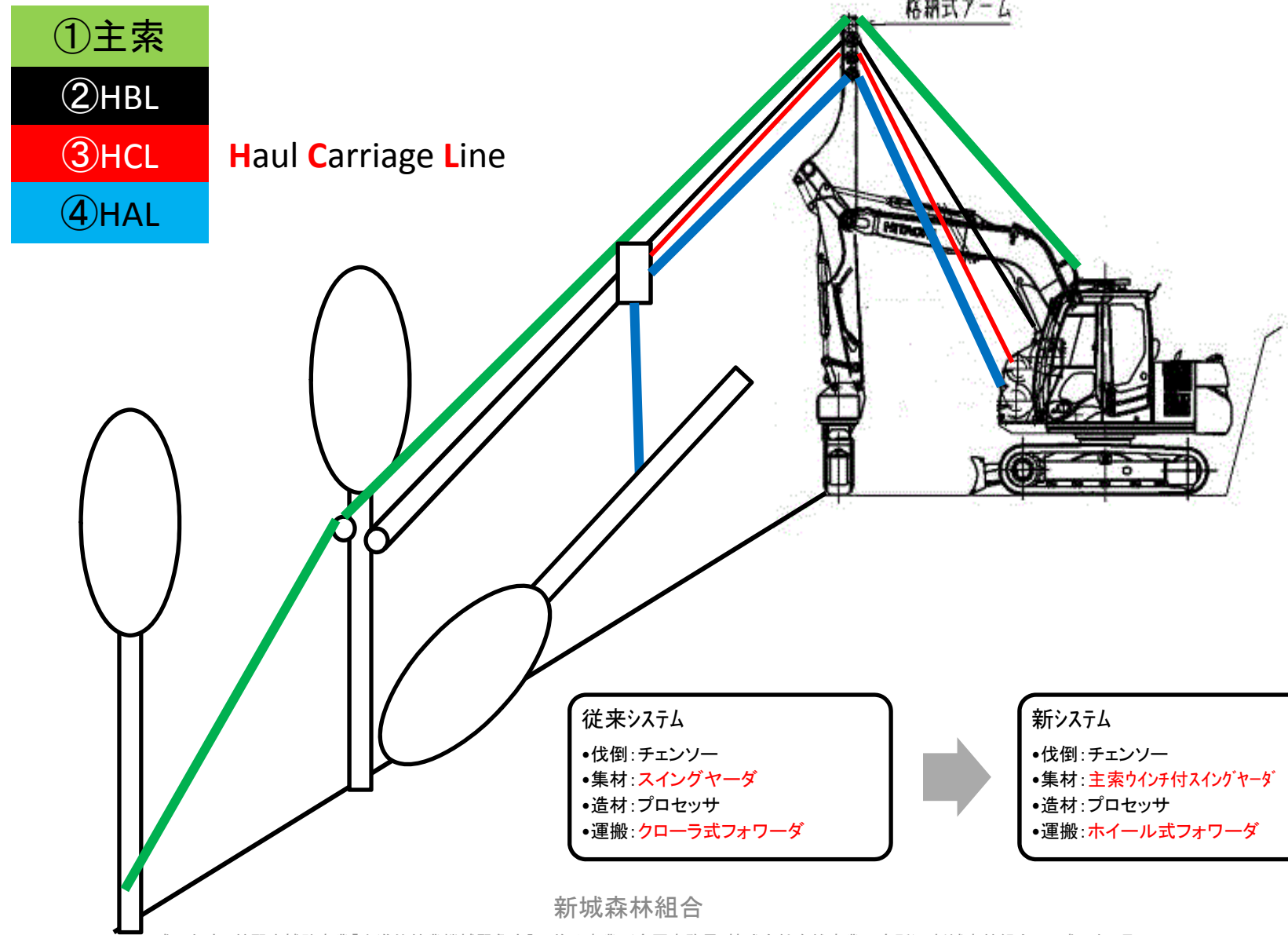
外観



断面図

| 項目         | 呼称太さ | エースラインHD026B   |      | ワイヤーロープ IWRC<br>6×Fi(29)<br>裸・めっきB種 |     |
|------------|------|----------------|------|-------------------------------------|-----|
|            |      | 引張り強さ          | 質量   | 引張り強さ                               | 質量  |
| 用途         | Φmm  | kN (tf)        | g/m  | kN (tf)                             | g/m |
| 主索         | 12   | 115<br>(11.7)  | 95.0 | 97.5<br>(9.94)                      | 634 |
| HAL        | 10   | 79.9<br>(8.15) | 68.5 | 67.7<br>(6.90)                      | 440 |
| HBL<br>HCL | 8    | 53.3<br>(5.43) | 45.8 | 43.3<br>(4.42)                      | 282 |

# 5 索張り模式図



## 6 評価項目

- 機械・繊維ロープの操作性 …… オペレーターの所感、外部からの観察
- 繊維ロープによる労働負荷軽減 …… 心拍計等による調査
- 作業の安全性 …… オペレーターの所感、外部からの観察
- 集材範囲 …… 残存木調査
- 労働生産性 …… サイクルタイム調査、日報調査

実証現場：新城市愛郷字猪藪地内

所有形態：共有林

実施面積：5.08ha

従来システム（列状） 2.74ha

新システム（魚骨） 2.34ha

樹種：スギ、ヒノキ（45～50年生）

調査機関

株式会社フォレスト・ミッション

名古屋大学大学院森林資源利用学研究分野

### プロット調査結果

| 項目        | 単位                 | 列状        |           | 魚骨        |           |
|-----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|           |                    | 上げ荷       | 下げ荷       | 上げ荷       | 下げ荷       |
| 面積        | ha                 | 0.15      | 0.21      | 0.3       | 0.3       |
| 大きさ       |                    | 縦50m×横30m | 縦70m×横30m | 縦60m×横50m | 縦60m×横50m |
| 成立本数      | 本                  | 118       | 165       | 277       | 312       |
| 成立本数      | 本/ha               | 787       | 786       | 923       | 1040      |
| 伐採本数      | 本                  | 39        | 62        | 80        | 82        |
| 伐採率       | %                  | 33        | 38        | 29        | 26        |
| 平均胸高直径    | cm                 | 24        | 28        | 22        | 20        |
| 平均樹高      | m                  | 16        | 23        | 15        | 18        |
| 立木幹材積（単木） | m <sup>3</sup>     | 0.33      | 0.67      | 0.26      | 0.31      |
| haあたり蓄積量  | m <sup>3</sup> /ha | 260       | 526       | 240       | 322       |

新システムは、機械導入後に1週間の  
訓練を経てから実証調査を行った

## 7 安全性・操作性の改善

- アームを地面に付けて集材するため、集材時の機械転倒が抑止され、安全性が飛躍的に向上した
- 主索・HCLドラムにより搬器のみの移動が可能となった結果、窪地等でも安全に集材できた、魚骨集材でも列状間伐と同じ程度の残存木損傷率に軽減できた
- ワイヤーでは素線のほつれが手に刺さることもあるが繊維ロープではそれがなく、油で汚れる事もないため現場技術者に好評
- 現場技術者の評価によると、ワイヤーロープと比べると引き出して歩くのが非常に楽であった
- 200回以上集材を行ったが繊維ロープに大きな損傷はなかった

| 項目       | 単位 | 列状  |     | 魚骨  |     |
|----------|----|-----|-----|-----|-----|
|          |    | 上げ荷 | 下げ荷 | 上げ荷 | 下げ荷 |
| 伐採前 成立本数 | 本  | 118 | 165 | 277 | 312 |
| 残存本数     | 本  | 79  | 103 | 197 | 230 |
| 損傷本数     | 本  | 5   | 15  | 15  | 13  |
| 損傷率      | %  | 6   | 15  | 8   | 6   |
| 損傷箇所     | 本  | 11  | 22  | 25  | 26  |

注1:プロット調査結果による  
注2:形成層に達した傷をカウントした

# 8 サイクルタイム・労働生産性の比較

サイクルタイム調査結果

| 従来システム     |         |        | 新システム   |        |                    |        |
|------------|---------|--------|---------|--------|--------------------|--------|
| 列状下げ荷 4線平均 |         |        | 魚骨上げ荷   |        | 主索なしランニングスカイライン上げ荷 |        |
| 1線あたり      |         |        |         |        |                    |        |
| 要素作業       | 所要時間    | 割合 (%) | 所要時間    | 割合 (%) | 所要時間               | 割合 (%) |
| 架設         | 0:06:08 |        | 0:41:43 |        | 0:14:39            |        |
| グラッブル木寄せ   | 0:01:44 |        |         |        |                    |        |
| 撤去         | 0:02:25 |        | 0:26:20 |        | 0:07:59            |        |
| 1サイクルあたり   |         |        |         |        |                    |        |
| フック上げ      | 0:00:13 | 9.4    | 0:00:07 | 3.1    | 0:00:06            | 5.7    |
| 空搬器走行      | 0:00:09 | 6.9    | 0:00:34 | 15.6   | 0:00:22            | 20.6   |
| フック下げ      | 0:00:05 | 3.6    | 0:00:06 | 2.9    | 0:00:04            | 3.4    |
| 横取り        |         |        | 0:00:08 | 3.8    | 0:00:04            | 3.7    |
| 荷掛け        | 0:00:23 | 16.8   | 0:00:31 | 14.4   | 0:00:12            | 10.9   |
| 実搬器走行      | 0:00:50 | 36.6   | 0:01:19 | 36.4   | 0:00:39            | 35.6   |
| 荷下ろし       | 0:00:09 | 6.9    | 0:00:12 | 5.6    | 0:00:07            | 6.1    |
| 荷外し        | 0:00:22 | 16.4   | 0:00:35 | 16.0   | 0:00:15            | 14.0   |
| 遅延・付帯      | 0:00:05 | 3.5    | 0:00:05 | 2.1    |                    |        |
| 1サイクル小計    | 0:02:16 | 100    | 0:03:36 | 100    | 0:01:48            | 100    |
| 総サイクル計     | 0:13:36 |        | 1:29:59 |        | 0:18:04            |        |
| 合計         | 0:23:57 |        | 2:38:02 |        | 0:40:42            |        |

作業地条件

|          | 従来システム | 新システム |                    |
|----------|--------|-------|--------------------|
|          | 列状下げ荷  | 魚骨上げ荷 | 主索なしランニングスカイライン上げ荷 |
| 支間斜距離(m) | 41.7   | 58.3  | 28.4               |
| 支間傾斜(°)  | 13.7   | 22.4  | 26.7               |
| サイクル数(回) | 6      | 25    | 10                 |
| 集材本数(本)  | 7      | 39    | 10                 |
| 集材材積(m3) | 1.1    | 6.1   | 1.6                |

グラップル集材1本含む

- 注1: 上げ荷と下げ荷なので比較しづらいが、サイクルタイムの目安として比較を行った。
- 注2: 従来システムでは手の届く高さで架設・撤去を行ったため、これらの時間が短い。当組合では架設は10～15分程度、撤去は5～10分程度が平均的な作業時間である。
- 注3: 集材材積はプロット調査結果をもとに利用率を考慮し、従来システム、新システムともに0.156m3とした。

- 主索を張るため架設・撤去は時間が掛かった
- 2本集材と横取りのため新システム(主索あり)は実搬器走行や荷外しに時間が掛かった
- 単木材積の差(従来:0.192m3、新:0.156m3)もあり、サイクルタイムを調査しない集材箇所も含めた事業地全体では、集材工程の労働生産性は8.2m3/人日→5.0m3/人日に減少
- 架設方法や集材方法などの検討を行いながら集材したため、今回だけでは新システムの生産性における優位性は確認できなかった

## 9 作業の労働強度

### 集材 荷掛手

|          |      | 従来システム |      |      |       | 新システム    |          |
|----------|------|--------|------|------|-------|----------|----------|
|          |      | 下げ荷1   | 下げ荷2 | 下げ荷3 | 下げ荷4  | 魚骨下げ荷    | 魚骨上げ荷    |
| 支間斜距離(m) |      | 38.1   | 44.3 | 37.7 | 46.5  | 66.8     | 58.3     |
| 支間傾斜(°)  |      | 12.6   | 14.5 | 12.3 | 15.2  | 27.8     | 22.4     |
| 集材本数(本)  |      | 7      | 5    | 8    | 6     | 57(41往復) | 39(25往復) |
| 要素作業     |      | 平均     | 平均   | 平均   | 平均    | 平均       | 平均       |
| 空歩行      | 心拍水準 | 70.8   | 74.3 | 93.7 | 100.8 | 64.2     | 60.9     |
|          | RMR  | 6.0    | 6.6  | 10.1 | 11.3  | 3.7      | 4.0      |
| 引き出し歩行   | 心拍水準 |        |      |      |       | 72.5     | 64.0     |
|          | RMR  |        |      |      |       | 5.1      | 4.6      |
| 荷掛け      | 心拍水準 | 62.8   | 68.1 | 83.4 | 95.6  | 64.2     | 61.0     |
|          | RMR  | 7.2    | 5.5  | 8.2  | 10.4  | 3.8      | 4.1      |
| スリング掛け   | 心拍水準 | 65.8   | 74.7 | 93.2 | 98.3  | 60.8     | 58.5     |
|          | RMR  | 5.1    | 6.7  | 10.0 | 10.9  | 3.2      | 3.5      |
| 待機       | 心拍水準 | 60.5   | 66.4 | 85.5 | 94.4  | 58.6     | 58.0     |
|          | RMR  | 4.1    | 5.2  | 8.6  | 10.2  | 2.8      | 3.5      |
| その他      | 心拍水準 |        |      |      |       | 63.8     | 55.5     |
|          | RMR  |        |      |      |       | 3.7      | 3.1      |

4列連続集材

### 運搬 オペレーター

|      |      | 従来システム | 新システム |
|------|------|--------|-------|
| 要素作業 |      | 平均     | 平均    |
| 積み込み | 心拍水準 | 44.7   | 45.9  |
|      | RMR  | 1.3    | 0.6   |
| 実走行  | 心拍水準 | 43.1   | 45.8  |
|      | RMR  | 1.0    | 0.6   |
| 荷下ろし | 心拍水準 | 44.2   | 45.6  |
|      | RMR  | 1.2    | 0.6   |
| 空走行  | 心拍水準 | 44.5   | 45.9  |
|      | RMR  | 1.2    | 0.6   |

RMR(エネルギー代謝率)

= (作業時代謝量 - 安静時代謝量) / 基礎代謝量

1~2(中作業)  
2~4(強作業)  
4~7(重作業)  
7~(激作業)

プロセッサ 0.4  
フォワーダ 0.7  
タワーヤーダ 2.4  
チェンソー伐倒 3.9  
荷掛手 5.8

(今富: 森林総研研報373, 1997)

集材荷掛手、運搬オペレーターともに新システムのほうがRMR(労働強度の指標の一つ)は小さく、労働強度が大きく改善されたことが明らかとなった

新城森林組合

## 10 新しい作業システムに向けて

- 従来システムで6線張ると、新システムの魚骨上げ荷とほぼ同じ作業時間・集材本数になる
- 林分の条件が同じであれば、現時点では同等の生産性
- 機械に不慣れでドラムを1速で動かしていることも搬器走行時間に影響
- 習熟により、架設は10分程度、撤去は5分程度、短縮できる
- オートチョーカーを導入することで荷外し時間の大幅な短縮と安全性向上が期待できる
- 0.25m<sup>3</sup>クラスだが胸高直径40cm、樹高15mの木を全木で2本同時に集材しており、従来機では集材できない距離・大きさに対応
- 集材距離100m程度までは導入機械のできるので、100m以上の集材を主とするのであればタワーヤードを使うのがよい
- 従来システムよりも1.5倍程度(12m<sup>3</sup>/人日)まで集材工程の作業効率が高くなる可能性は高い

# 11 技術的サポート体制

- 架線集材経験の有無が技術力を左右する
- 機械自体は特殊な保守・メンテナンスは不要
- 繊維ロープは耐久性を検証中なので、他事例も参照しながら当組合なりの目安を作ることが必要（メーカーにおいても目安は作成されているので参考にする）
- 委員会では「あらゆる索張りに対応できる機械なので応用性が高い」「集材距離が伸びたところを評価したい」「リモコン操作により安全で効率的な操作ができるので期待できる」との評価

## 12 今後の調査予定

### 機械

- 機械本体、滑車等の耐久性
- 必要に応じ、安全性改善、効率性向上のために機械の改良を行う

### 繊維ロープ

- 繊維ロープの摩耗調査(継続)
- 張力の調査(横取りのときどれくらいなのか、主索索張り時の張力、ワイヤーとの比較等)
- ロープ引き出しの生理的負担
- 控索としての繊維ロープの可能性の検証

### 作業システム

- 100m程度のスパンでのサイクルタイム分析
- 最適な魚骨集材(横取り)の角度と距離の関係性分析
- 習熟度が上がった段階でのサイクルタイム分析・工程調査

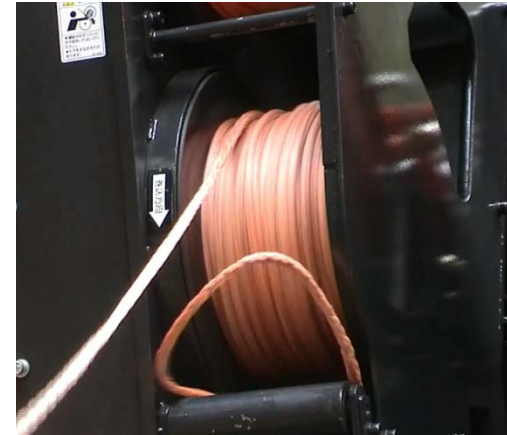
### その他

- 魚骨集材に対する森林所有者の反応

# 13 今後の検討事項

## 技術面

- HALで送り時にロープを巻き込むことがある
- 同じ場所に材が溜まっていく
- プロセッサと同時作業がしにくい
- この機械に適した路網配置計画



## 政策支援

- 国・県において、架線集材の技術者育成を充実させていく必要がある
- 技術革新に資すること(本事業で導入した機械の使用等)を評価項目に加えた国有林の入札があれば、国有林においても技術研究が推進される
- 新しい概念(新しいジャンル)の機械には新しいマニュアルが必要であり、国として整備すべきである
- 現在の国道、県道等の橋梁や幅員では10tクラス以上の大型トラック等の通行に支障が生じる場合もあるため、木材生産量の増大に備え、国道、県道等の拡幅等が望まれる
- 労働環境の改善に寄与する機械開発を重視すべきである

# まとめ：新旧比較表

|        | 従来システム | 新システム      |
|--------|--------|------------|
| 安全性    | △      | ◎          |
| 労働負荷   | △      | ◎          |
| 生産性    | ○      | △(将来的には◎)  |
| 採算性    | ○      | △(将来的には◎)  |
| 集材範囲   | △      | ◎          |
| メンテナンス | ○      | ○          |
| 操作性    | ○      | ○(架線知識は必要) |