

IV. ナレッジ活用の実証調査

ナレッジ活用実証調査は、調査実施者を公募選定し、業務委託契約をして行った。公募情報は5月に JIFPRO のホームページに掲載し、各種メールリスト、外部ホームページ等を通して宣伝・広報した。応募書類は選考委員会が審査し、表 IV-1 の2社が調査実施者となった。

表 IV-1 令和3年度実証調査案件

#	案件名	対象国	調査実施者
1	熱帯性早生材の木材加工	タンザニア	ヤマハ株式会社（以下、ヤマハと記載）
2	サチャインチの食品開発	ペルー	株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル（以下、OC グローバルと記載）

JIFPRO は調査実施者と連絡調整し、適宜助言・管理をした。調査実施者とは、次のような共通理解を得て業務を進めてもらった。

- 各案件が扱う課題を A、日本のナレッジを B とし、 $A+B=C$ （目標）とする。
- C は、途上国が森林資源を持続的に活用して住民の生計向上に資するもの、とする。

次に続く2案件の報告の中でも、この A～C の表記を使用した。



図 IV-1 ナレッジ活用実証調査実施体制

実証調査の後半に2案件の現場を訪問した（12月21、22日にヤマハの静岡本社と工場、2022年1月17日にOC グローバルの神奈川の食品開発厨房）。両案件の実施チームと諸確認調整をし、また調査の協力支援をした（試食品のアンケート回答等）。

ナレッジ活用事例1

熱帯早生材の木材加工技術

(タンザニア)



令和3年度 途上国森林ナレッジ活用促進事業

i. 「熱帯早生材の木材加工技術」（タンザニア）

木材は楽器製造に必要不可欠な材料の一つであり、欠点や狂いの少ない高品質な木材が選択される。高品質な木材を使い続けるためには、長期の森林管理施業が成されている必要がある一方、長期の森林施業は多大な労力を要する。熱帯早生材の多くは、パルプや建築材として短伐期の人工林施業によって育てられており、10～20年という比較的短い伐採サイクルが設定されている。短伐期の施業により原産地の森林には短中期的な便益をもたらす効果が見込める上、高密度、高弾性といった材質に優れるものがある。しかし、枝打ちや間伐などの高度な森林施業とは異なる施業体系のため、材質上の欠点が見られることが多く、楽器等の高機能性を求める用途への使用実績は限定的である。

ヤマハ株式会社（以下、ヤマハ）の事業では、自社の楽器製造における木材加工技術に基づき、対象地域にて生育可能な早生材を活用していくことで、早生材の楽器利用の安定的市場を構築することを目指している。そして、将来的に原産地コミュニティでの安定した中期的な林産物収益を担保し、楽器製造と地域社会の双方の持続的発展を目指している。

本実証調査では、その事業の初めのステップとなる活動を実施した。ヤマハが対象とする早生材の活用を前提とした材料評価、用途開発を、社内に蓄積する既存技術を活用して行った。また、サブテーマとして対象地での樹木育成のトライアルを行った。（期間：令和3年8月13日～令和4年2月1日）

1. ナレッジ活用実証調査概要

表 IV-2 実証調査テーマ

課題：A	日本のナレッジ：B	ナレッジ活用目標：C=A+B
対象地で育成可能と思われる早生材（トゥーナ、ニーム）は楽器材としてのポテンシャルがあるが、楽器材としての利用実績が極めて少なく、楽器生産工程への適用性や調達性が課題。 （背景） 熱帯早生材の人工植林材の多くはパルプや建材用途に用いられ、高成長量の特徴を生かした短伐期施業による木材生産が可能。しかし、楽器では無欠点材を基本とした高品質材を求める傾向にあり、早生材の多くは楽器材として敬遠される傾向にある。	① 木材加工・楽器生産技術 ヤマハのコアビジネスである楽器製造で培った木材加工、楽器生産技術をナレッジとして、対象木材の利活用を目的とした用途を複数楽器群（ギター、ピアノなど）にて検討する。	対象材（トゥーナ、ニーム）を楽器に持続的に活用できるモデルを構築し、ギターを中心とした楽器製品に搭載する。 対象材の調達基準を整備、サプライチェーンを構築することで、将来対象地におけるトゥーナ、ニームの育成を念頭にした材料育成・調達モデルを構築する。併せて、対象材の用途を開発して製品への搭載を検討する。
	② 楽器材の調達、サプライチェーン構築 楽器材は一般流通材よりも使用量が少ない一方、品質を担保した確実な調達活動が求められる。ヤマハが蓄積した調達ノウハウを活用し、対象地からの楽器適材調達を目指した基本条件を構築する。	

2. 地図：途上国対象地

対象地名：タンザニア リンディ州 キルワ県 ナンジリンジ村

対象地は、タンザニア南部に位置するリンディ州の東部海岸沿いに位置するキルワ県に属するナンジリンジ村とする（図 IV-2）。本地域はキルワ県の中で比較的降水量が多い地域（年間 1000 mm）で、ゴマやカシューナッツといったタンザニアを代表する農産物の生産地である。また、村のエリア森林内には国有林保護区（National Forest Reserve）と民有林保護区（Village National Forest Reserve）が設定されており、楽器材として有名なアフリカン・ブラックウッド（African Blackwood, *Dalbergia melanoxylon*）の世界的産地でもある。

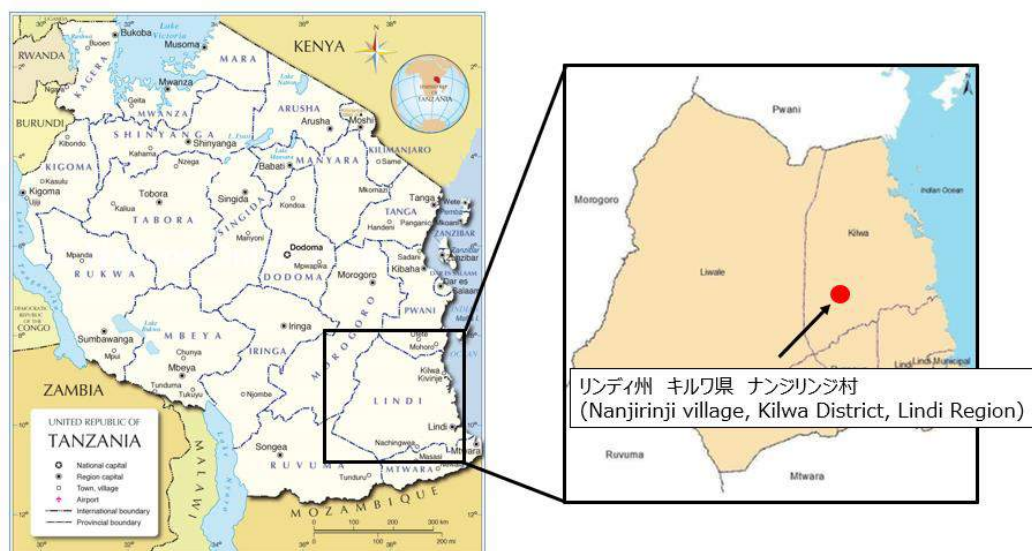


図 IV-2 対象地（ナンジリンジ村）の位置[1, 2]

3. 実施体制

実施体制は図の通りである。

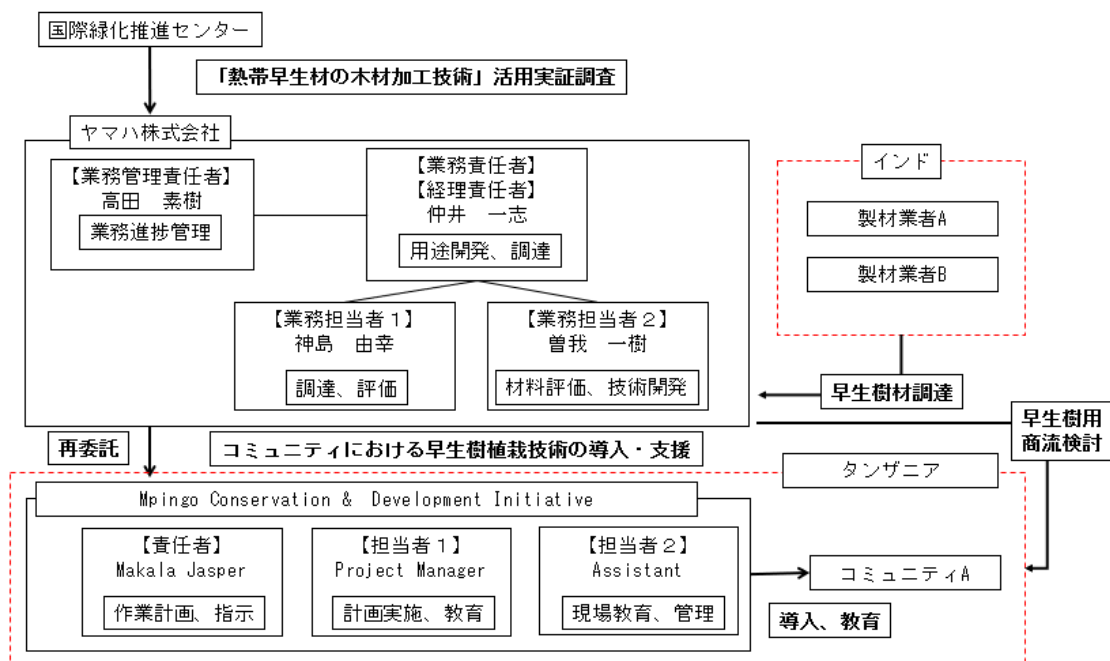


図 IV-3 業務実施体制概要

表 IV-3 業務実施関係者

団体名	国名	担当	領域	名前	役職
ヤマハ株式会社	日本	業務管理責任者	業務進捗管理	高田 素樹	主幹
		業務責任者	用途開発、調達	仲井 一志	主事
		経理責任者			
		業務担当者	調達	神島 由幸	主事
		業務担当者	材料技術	曾我 一樹	主事
Mpingo Conservation & Development Initiative	タンザニア	現地責任者	計画策定	Malaka Jasper	Chief Executive Officer
		現地担当者	現場教育、管理	Jonas Timothy	Director of Field Operations
		現地担当者	現場教育	随時選定	実務担当

4. 背景

1) 楽器と木材

ヤマハのコアビジネスの一つである楽器の製造・販売ビジネスにおいて、木材は必要不可欠な材料であり、世界各国（26 カ国）から年間約 80,000 m³の木材を調達している（約 76 種類）。その中で、クラリネットやオーボエに使われるアフリカン・ブラックウッド（以下 ABW）は楽器の性能や歴史的背景から、他の材料での代替が困難な希少木材として取り扱われてきた。ABW は東アフリカのタンザニア南部（リンディ州）やモザンビーク北部を主要産地とし、伐採される木材の大部分が管楽器向けに加工される。全世界の ABW 需要に対して、主にこの 2 カ国から出荷されている。特に、本提案事業の対象地であるリンディ州キルワ県のナンジリンジ村は世界有数の ABW 賦存資源量を誇り、毎年多くの業者が伐採に訪れる。近年、ヤマハは ABW の持続的調達の実現を目的とし、楽器好適材の育成、保全活動を地域コミュニティ、現地 NGO と連携して進めてきた[3,4]。

ヤマハの楽器製造の中では、アコースティック楽器と呼ばれる楽器そのものが音を発する楽器群があり、木材を基本材料として構成される。アコースティック楽器であるピアノ、ギター、管楽器は木材製の楽器製造として歴史があり、世界的に大きなシェアを獲得している。アコースティック楽器は、日本、およびアジアで生産されて全世界にて流通、販売されている。例えば、ギターは、日本、中国、インドネシア、およびインドを生産拠点として製造されており、全世界に向けて幅広い価格帯のギターを出荷・販売している。中でもインドネシア工場で生産するアコースティックギターは年間約 100 万本規模で出荷されており、アジアを中心に大きなシェアを獲得している。ギターは、表板にスプルース、裏板・側板にローズウッドやマホガニーが用いられ、普及価格帯製品ではネックにマホガニー（*Swietenia macrophylla* 植林種）、指板には黒檀、ソノケリン（*Dalbergia latifolia* 植林種）が良く用いられる。構造上、使用樹種が限定されることが多いが、ネック（棹部分）、指板については加工性能を満たすことができれば、より良い材料に置き換えることが比較的容易である。特にネックは、製品状態での高い寸法安定性が要求される厚物材で、近年は調達性が課題となることが多い部分である。取引材積が大きい一方、厚物を高品質で、且つ持続可能性を考慮できるサプライチェーンの構築が求められている。

2) 対象地における森林保全・生計向上

タンザニアは国土面積 94.5 百万 ha で、そのうち約 38%が森林と言われている。タンザニアの森林は森林保護区と非保護区に分けられ、非保護区は一般にオープンエリアと呼ばれ、地域住民による薪や木材の採取、農地開墾が自由にできる地域で基本的にすべての木材を自由に伐採、利用することができる。

ABW はタンザニアでは Mpingo と呼ばれ、伐採や流通に法規制を設けており、森林保護区にて伐採したものしか合法に流通させることはできない。現在、森林保護区は政府が直接管理する国有林（National Forest Reserve）と、コミュニティや民間企業が森林を国から

ChiePro

借り受けて管理する民有森林に分けられる。この民有森林のうち約 60%が、コミュニティが独自に管理するコミュニティ森林 (Village Land Forest Reserve) となっている (タンザニア森林全体の約 2.6%)。リンディ州キルワ県を中心に現地 NGO が展開している ABW を中心とした FSC 認証森林は、コミュニティ森林がベースとなっており、FSC 認証による持続的な森林管理と FSC 認証材の取引によってコミュニティが公的収益を上げる仕組みとなっている (図 IV-4) [4]。しかし、高額な認証費用や認証維持の労力、そしてエリアが限られていることによる資源入手性が課題である。ABW の他に Mkongo (*Azelia quanzensis*) や Mpangapanga (*Millettia sthulmannii*) などのマメ科の有用樹種が自生するが[5,6]、大径材に育つには時間を要し、ABW のような継続的な市場が担保されているわけではない。

伐採された原木材積のうち、楽器材として出荷されるのは約 10%程度であり、楽器以外の用途に乏しい ABW の場合は、楽器材としての歩留まりが木材の利用率になる。ヤマハをはじめとする各クラリネットメーカーでは一様に、20,000～30,000 USD/m³ の価格帯で ABW 材を取引している一方[8,9]、伐採時の丸太価格は 150～250 USD/m³ である[3,4]。このように、実際の楽器材の利用価値に比べて山元での木材価値は明らかに低い。伐採量を増やしても十分な需要と持続性が担保されるわけではない。したがって、ABW を中心とした収益構造を変える、もしくは新たな需要に対する新たな有用樹種の導入が必要と考えられる。

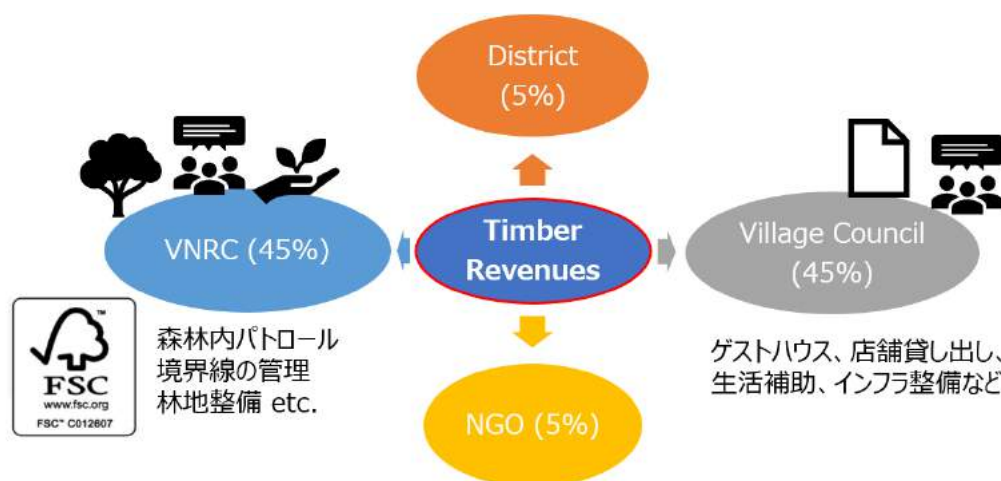


図 IV-4 FSC 認証コミュニティ森林での収益システム

リンディ州ではゴマやカシューナッツなどの農業が盛んで、特にゴマは近年の価格高騰により従事世帯が急激に増えている。ナンジリンジ村は、キルワ県の内陸に位置し、約 3,000 世帯が生活する比較的大きな規模の村で、世帯の年間収入平均は 1.9 百万 Tsh 程度で (2,100 Tsh ≒ 1 USD)、その大部分が農業による収益である (図 IV-5) [4]。一方、開墾地を求めた違法伐採が頻発している。これは、オープンエリアが慢性的に縮小傾向にあり、地域産業と森林保全のバランスが崩れかねない現象と考えられる。

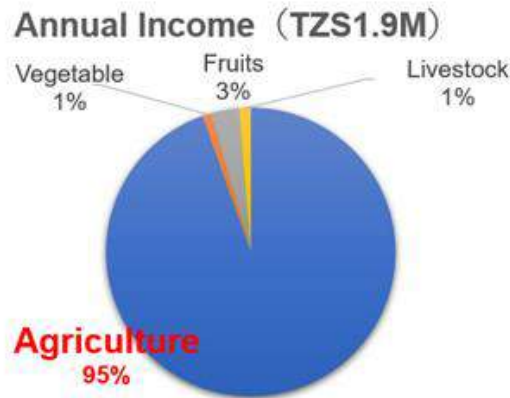


図 IV-5 ナンジリンジ村の世帯年間収入と内訳（2019 年）[4]

3) 楽器材に求める基本要件

楽器用材の広葉樹にて最低限必要とされる要件は、（１）節や割れなどの欠点が多くなく無欠点材が広く採取できること、（２）良加工性且つ気乾密度 $0.4\sim0.6\text{ g/cm}^3$ 程度、（３）内部歪が少なく、加工後の寸法安定性が高いこと、である。天然自生個体から無欠点材を得ることは困難なため、原木の伐採後製材工程にて無欠点部位を選別する。したがって、楽器材の製材歩留まりは他用途よりも明らかに低くなる。加工性が良い木材は、比較的密度が高い重厚な材であることが多く、 $0.5\sim1.0\text{ g/cm}^3$ の気乾密度の材が好んで使われる傾向にある。しかし、楽器の演奏性を考慮して重すぎる材が敬遠される場合もある。内部歪は樹木の成長過程で木材内部に蓄積する歪のことを指し、成長速度が速く高密度に育つ材は比較的内部歪が大きく、人工乾燥やシーズニング、加工方法により歪を制御していく必要がある。

4) 感染症の影響

新型コロナウイルス（COVID-19）の感染拡大により、2020 年度の管楽器事業は大きな影響を受け、ヤマハの管楽器売上は対前年比で大きく減少した。その一方で、ギター事業は E コマースによる販売が好調で、特に普及価格帯ギターが対前年比で増加傾向にあった。

タンザニアでは管楽器材の ABW の需要が減少したことで、メーカー側から発注量が減少し、収入を大幅に減らした業者が営業停止するケースが見られた。また、世界的にコンテナ輸送が停滞したことで、感染拡大直前に製材した材料が出荷できず、費用が支払うことができないためキャッシュフローが停止してしまい、操業停止に追い込まれる業者があった。

タンザニア国内では、2020 年 5 月頃から当時の大統領が早期に空港を開き、経済優先の方針をとったものの、ケニアや南アフリカなどの近隣諸国が一様に規制をしていたため、ビジネス渡航などが大きく制限されている。現在も、国内主要産業の一つである観光業は苦戦を強いられている。森林近くの農村では、政府指導により集団での移動制限が通達されたこ

ChiePro

とで、予定の植林ができず、ABW 苗木が廃棄処分になった。一方で、制限解除後には現地 NGO とリモートで連携し、植栽活動の再開や NGO 主導の環境教育などが行うことができた（図 IV-6）。現在、国内の活動に限っては、軒並み感染拡大前の状況に戻りつつあると見られる。



図 IV-6 2020 年度に新たに導入した農村での苗木育成風景

5. 実証調査目的

1) 対処課題 A

表 IV-4 対処課題

課題 A
対象地で育成可能と思われる早生材(トゥーナ、ニーム)は楽器材としてのポテンシャルがあるが、楽器材としての利用実績が極めて少なく、楽器生産工程への適用性や調達性が課題。

熱帯産早生樹は成長が早く、その中には生育条件が幅広く土地を選ばずに生育できる種も少なくない。しかし一方で、パルプや建材用途のように大規模造林が前提となる需要がほとんどで、楽器材のような高品質材の需要は少ない。このように需要が限定的であることが、本実証調査における対処課題である。

例えばトゥーナ (*Tona ciliata*) は、成長が早く胸高直径 0.8～2.5 cm/年で肥大成長し、概ね胸高直径 50～100 cm まで成長する[10]。材色や外観はマホガニーに似ており、気乾密度 0.4～0.7 g/cm³ 程度で心材と辺材で大きく物性が変化しないと言われている。中国南部、ミャンマー、ラオス、インド東海岸などで確認され[11,12]、タンザニアにも植林種として持ち込まれており、一部地域で植林されているが、その他の植林種(チークやユーカリ)に比べて植林規模が小さい[10]。これは安定した需要が存在しないことを示しており、実際にタンザニア国内でもトゥーナが出回るのは稀である[10]。

ニーム (*Azadirachta indica*) は果実や葉の抽出成分が利用され、アザディラクチンを活用した農薬などが開発されている。木材として利用されることもあるが、一般には薬効成分が注目されている。生育条件を選ばないという観点では、ニームは非常に優秀な樹種であり、平均気温が 20 度以上であれば生育すると言われ、年間平均成長量は 5～18 m³/ha とされている[13]。木材としては、一般には気乾密度 0.72～0.83 g/cm³ で、シロアリ・腐朽菌等の生物劣化への耐性が高く、楽器材としての要件を満たしていると言えるが、楽器材に適用された例は少ない。

早生材を楽器材に使える材に育てるには、節などの欠点が少なく、比較的容易な管理で育てることが必要である。例えばユーカリは節が多く、成長応力が大きいことで材の割れも大きい。早生樹のメリットでもある短伐期(5～10 年での伐採)を設定した場合は、早期の枝打ちを必ず行う必要がある。楽器材として無欠点部位を多くとるためには、さらに 5～10 年の育成が必要で、その間の間伐も欠かせない。したがって、土地面積と管理作業が増え、樹木の育成サイクル効率が低下する。一方、ユーカリの大きな需要である紙・パルプに限って言えば、節や割れを気にすることなく製品を作ることができるので、少ない管理労力で多くの材を育てることができる。このように、早生樹は低コスト・高サイクルでローテーションすることでメリットを出すのが一般的なため、時間と労力がかかる楽器材適材の育成とは大きく方針が異なる。これにより、品質、持続性の関連から、楽器材好適の高品質材の流通が少ない

2) 日本にあるナレッジ B（活用ナレッジ）

表 IV-5 日本にあるナレッジ（活用ナレッジ）

課題 A	ナレッジ B
対象地で育成可能と思われる早生材（トゥーナ、ニーム）は楽器材としてのポテンシャルがあるが、楽器材としての利用実績が極めて少なく、楽器生産工程への適用性や調達性が課題。	① 木材加工・楽器生産技術
	② 楽器材の調達、サプライチェーン構築

(1) ナレッジ①： 木材加工・楽器生産技術

① ナレッジ概要

木材加工は、自社工程内で原木から製品が完成するまでの一連の工程を示し、図 IV-7 に示す 6 つの作業区分から構成される。本ナレッジでは、これら作業区分のうち木材乾燥工程以降（2. 天然乾燥 以降）を主な対象とする。

作業区分	種類	主な内容
1. 製材	製材	原木から板材、板材から木取り材
2. 天然乾燥	木材乾燥1	板材、木取り材の乾燥（含水率の均一化）
3. 人工乾燥	木材乾燥2	板材、木取り材の乾燥、熱処理など
4. 部品加工	木材加工1	木取り材から部品加工（切削加工、接着など）
5. 塗装	木材加工2	塗装（スプレー、自動機）、乾燥
6. 組立	完成品	塗装後研削研磨、組立

図 IV-7 楽器生産工程における木材加工、組立工程

天然乾燥（木材乾燥 1）

丸太から製材した板材、板材から製材した木取り材などを加工後、屋外、もしくは屋根付きの風通しの良い屋内場所で積み重ねて乾燥、保管する（図 IV-8）。天然乾燥工程の目的は、木材の個体別の含水率のバラツキを均質化、製材後の内部歪の解放であり、次工程の人工乾燥工程でのロット内の歩留まりを上げることである。基本的には、丸太を製材したエリアで天然乾燥を行う。

板材、木取り材問わず、ロット単位でパレット上に積み重ね、材料は先入先出を原則とし

て運用する。棧積みは地上高 2 メートル以上の高さに及ぶ場合があり、多くの場合、次工程である人工乾燥のロット別に仕分けして保管する。天然乾燥期間は樹種によって異なるが、3 ヶ月以上を目安とする。そのため、材料の滞留が生じやすい工程であり、天然乾燥工程を長くとるほど滞留在庫が増える。楽器材の場合、数年間の天然乾燥期間を設定する場合もある。

熱帯産材の場合、各種事情により現地で乾燥期間を長くとれない場合がある。特に、乾燥地域では板材や木取り材製材後に急激に乾燥が進行し、材内に割れが多く発生する場合がある。このような割れは、製品加工時や使用環境における部材の割れ（不良）に繋がる可能性がある。したがって、このようなケースでは早期に乾燥条件を制御できる自社工場内に入庫させるために、出荷、輸出、輸送の過程での乾燥を想定した「 SHIPPING DRY 」手法を選択して、自社工場に着荷後に他社倉庫や自社スペースで天然乾燥を行う。長期の在庫となるため、自社の管理下に置くことで材料を長期間安心して保管できるメリットがある一方、在庫資産が増える。

人工乾燥（木材乾燥 2）

楽器用材の場合、一般の用途に比較して低めの含水率を設定する。仕上がり含水率は、10%以下が目安であり、製品の仕向け地の環境（例えば、北欧地域などの低温乾燥地）によっては、さらに低い仕上がり含水率を設定することがある。

乾燥プログラムは、初期ステップ、中間ステップ、本ステップ、イコライジング、コンディショニングの 5 ステップで構成される。初期ステップ、中間ステップでは初期含水率の調整を行う。初期ステップ、中間ステップは投入する木材の初期含水率によって設定し、本ステップにて 2 週間程度かけて含水率を下げる。イコライジングは、乾燥ロット内での個体差を均一化するために行う。コンディショニングは、目標含水率付近の含水率になるように設定する。これらの工程では、木材の平衡含水率や吸放湿速度が重要となるため、樹種や形状によって各パラメーターを把握しておく必要がある。

部品加工（木材加工 1）

人工乾燥後の木取り材を、各種部品の形状に加工する（図 IV-8）。ギター工程では、部品加工工程中に調湿（シーズニング）工程を経る場合がある。各種加工工程においては、まとまった数量の加工ができるようにライン設計されている。加工工程では、各種木工加工設備（各種回転鋸、モルダー、自動加工機）を使用する。また、接着工程も本工程に含まれる。接着用途、要求強度に応じて、各種接着剤を使い分けており、酢酸ビニル系、ユリア系、水性高分子イソシアネート系など多岐にわたり、80～100 g/m²程度の塗布量を設定する。

塗装（木材加工 2）

ChiePro

部品加工が終わった部品は、塗装工程に送られる。塗装工程には、塗装前の研削工程、塗料の塗布（図 IV-8）、乾燥、乾燥後の研削研磨の 4 つのステップがある。

ピアノには主に不飽和ポリエステル塗料による厚塗り塗装が適用され、サフェーサーなどの下塗り処理の後、400～600 μm の塗膜を載せる。ギターではウレタン系の塗膜を載せる場合があり、管楽器やバイオリンでは乾性油を用いたオイル系塗料が用いられる。各塗料に適した塗布方法、乾燥時間を設定する。塗装方法として、手作業の刷毛塗りや、スプレーガンによるスプレー塗装、自動ラインによる静電塗装、多軸ロボットによる自動塗装などがある。



図 IV-8 木工加工・楽器生産工程

組立（完成品）

塗装仕上げ（塗膜の乾燥後、研削研磨を行う）後、各種部品の取り付けを行って製品として完成させ、出荷する（図 IV-8）。楽器の生産工程では、組み上げ後に音の調整を行うことが多い。例えば、ピアノのハンマーの整音、マリンバの整音、ギターの調弦など出荷前に音を調整し、その上で部品の接合部分の調整などを行う工程がある。

② 選択理由

熱帯産早生材における大きな課題は、楽器に使われる実績が少ないことである。ヤマハの強みである高度な木工加工技術と、多様な楽器群への横展開が望める強みを生かすことで、従来は楽器に適さないと考えられてきた早生材であっても、楽器に活用して市場に投入できる可能性が高いと考えたため、本ナレッジを選択した。

ヤマハはピアノ製造技術を起点とし、様々な楽器群の開発、生産を実現してきた。世界の数ある楽器メーカーの中でも、ヤマハのように複数の楽器群を同時に生産し、各楽器群において世界的なシェアを獲得しているメーカーはない。このような強みを生かして、ヤマハでは特定の木材を幅広い楽器に適材適所で使うことができる。例えば、ピアノ響板に使われるスプルースは年輪幅や一定面積内における欠点の数など、主に外観に関わる規格が設定されている。最高級品番であるコンサートピアノ（CF シリーズ）では最も厳格な規格を設定し、価格帯別に許容範囲を設定している。ギターの表板にも同様のスプルースが使われ、市場における一般品質に対して、製品の価格帯別（品質グレード別）に適応するように品質規格が決められている。また、ピアノの加工技術を生かして、木工加工や接着、塗装が各楽器別にアレンジされている。例えばギターの側板は、グランドピアノの類似形状部分の「曲練（まげねり）」技術に由来した技術が適用されている。木材単板を複数枚重ねて接着しながら狙いの形状に成形する（成形接着）手法を採用しており、接着剤は接着性能だけでなく音響性能を加味して選定される。塗装技術は、ピアノの「鏡面仕上げ」がベースとなっており、家具や自動車内装部品などにも展開されてきた。このように、各種木材の乾燥、接着、塗装技術はピアノで培った経験、品質基準を基盤として確立されている。

③ 活用・類似例など

ヤマハでは、これまで様々な樹種をギター材料として活用してきた。例えば図 IV-9 のようなエレクトリックベース（TRBX174EW）では、マンゴー材をヘッドやボディに採用している。マンゴーは食用果実として有名だが、マンゴー材はギター業界では一時期トレンドとなったこともあり、ヤマハでも楽器として採用するための各種検討を進めた経緯がある。特に課題であったのは、マンゴーの樹木特有の香りや塗装性であり、ヤマハの製品基準を満たすために様々な試行錯誤が行われた。

また、一般に表板にはスプルース材（トウヒ）が用いられるが、米杉や日本産の杉材といった新材料を採用した製品を開発している（図 IV-9）。これは、スプルース材の調達性に起因するが、近年の日本国産材の利用を進めるための新たなチャレンジと言える。

アコースティック楽器の場合、楽器自体の歴史的背景やユーザーの音楽（例えばオーケストラ音楽）によって、使用材料の変更が難しい場合が多い。例えば、クラリネットやオーボエでは、ABW そのものが製品価値に直結している。これまで、ABW の管体として使われてきた歴史的な背景、ABW が起点となる音が奏でる音楽があり、材料を変更する際にはABW 以上の性能を求められる。これにより、材料の代替が難しくなるが、反面材料の唯一性が維持されることで、原産地コミュニティの発展に繋がる可能性も高い。



材料	松	米杉	備考
産地	ドイツ松：ヨーロッパのアルプス山脈 エゾ松：北海道の大雪山周辺 スプリース：ヨーロッパ、カナダ、アラスカ	カナダ	
材色	淡白色	茶褐色	表板の色の違いは、材色の違いによるものです
比重	0.35~0.45	0.30~0.40	米杉の方が少し軽い
材質	ヤニ分が多く粘りあり	木目が素直で柔らかい	
音色	芯のある透明感のある音 音に重厚感あり 爪のタッチによる音色の変化が大きい 弾込み効果による音の変化が大きい	明るく暖かみのある音 音のレスポンスが良い 高音がやや太く、松より音量がある 弾込みによる音の変化が少なく完成度が高い	

図 IV-9 マンゴー材を採用したエレクトリックベース（TRBX174EW）（左）とギター表板への使用（右）

(2) ナレッジ②：楽器材の調達、サプライチェーン構築

① ナレッジ概要

木材の調達では、材料供給元の選定、要求仕様の策定、取引基本契約の締結などの一般的な調達活動が行われる（図 IV-10）。特に木材の場合は、合法性や持続可能性を考慮した CSR 調達が必要である。

ヤマハが有するナレッジ「楽器材の調達、サプライチェーン構築」では、楽器材に適するとされる樹種の中で、品質、納期、コスト、および合法性・持続性を総合的に評価した上でサプライヤー（供給元）となる業者、地域の選定を行う。

品質は、木材の採用プロセスにおける試験結果や、開発部門における評価結果に基づいて作成されるサプライヤー（製材業者、仲介業者など）への要求品質書（WSS：Wood Specification Sheet）によって管理される。WSS には、要求する木材の木取り方向（板目材¹、柎目材²）、寸法、出荷時の含水率基準、各種欠点の要求基準（限度見本含む）が記載されている。作成した WSS をサプライヤーに提示し、双方の合意を以て取引における基準を相互理解とする。取り交わした WSS は、実際の取引における検品作業で活用される。サプライヤーにて加工された木材を WSS と照らし合わせ、品質を確認し合い、双方合意の品質を以て出荷する。

¹ 板目材：原木を年輪の接線方向に挽き割った材のことで、山形や波形の木目がある。

² 柎目材：原木を年輪の接線直角方向に挽き割った材のこと。



図 IV-10 木材の買付から検品、出荷の一例

納期は、取引開始前に双方で締結する各種契約事項、要求事項を基に双方合意の上決定する。木材の場合、通常の購買品よりも発注から納期までの時間が長く、6ヶ月～1年以上に及ぶものが多い。そのような長期間の納期を設定する木材には、翌年度分の生産計画と在庫量の予測から、翌年度の発注量を決定する先行発注を行うことが一般である。先行発注の対象材であっても、通常の購買品と同じく、発注時に提示した納期通りの取引が行われていることを常時モニタリングする。取引先によっては納期からの大幅な遅れが見られる場合や、品質基準を満たしていない場合などがある。その場合、着荷時の受入検査や交渉により調整を行うと共に、楽器加工工程からのフィードバック、取引データを参考に次年度の調達に生かす。また、楽器材の場合は取引先や地域が限定されることが多いが、BCP観点から2社以上の取引先、2カ国、複数原産地域での取引ができるように取引先選定を行う。

コストは、定期的な価格交渉が行われる。まず、取引開始時には提示された見積に基づき、生産対象品の原価計算を行い価格の妥当性を判断する。妥当性を判断した後に、取引価格を設定する。木材であっても通常の購買品と同様に、毎年取引先との価格交渉が行われる。先述のように楽器材は高品質な部位を選定する傾向にあるため、一般に流通する建材と比較して収率が低く、調達性が悪い。また、木材は市況により価格が大きく変動する場合があります、価格交渉は双方によってシビアな議論を要する。

合法性、持続性については、現在ヤマハでは、合法的な木材調達を推進・担保するために、自社にてデューデリジェンス³の仕組みを構築し、調達先への書類調査や訪問調査を通じて、伐採時合法性の厳格な確認を進めている（図 IV-11）[14]。また、環境面に加え、地域コミュニティの発展など社会・経済面でも持続可能な森林から産出される、認証木材の利用拡大を進めている。このように近年、合法性、持続性は楽器材の調達において重要となっており、これを加味した調達を推進しているが、実際には合法性、持続性が不明瞭な地域からの木材

³ デューデリジェンス：取引先業者に対して行う調査のことで、ここでは木材の合法性（例えば、原産地証明や森林認証、労働環境など）に係る定期調査のことを指す。

ChiePro

を調達せざるを得ない場合がある。また、最近ではワシントン条約（CITES）にてローズウッド（*Dalbergia* 属）が付属書 II に記載されるなど、商取引面での規制が世界的に厳しくなっている。特に楽器材は、熱帯地域の開発途上国が原産国となる場合があり、法規制が複雑である場合などは地域コミュニティと一体となった仕組みづくりが必要と考えられる。



図 IV-11 現在実施中の合法性調査の様子[14]

② 選択理由

楽器に使われる木材は、楽器以外の用途がないもの、特殊な要求品質を持つものなどが多く、一般的な調達では要求する品質、コスト、納期などを満たすことができない。本ナレッジを選択することで、これまで使用実績のない熱帯産早生材であっても調達可能な状態を得ることができる。それにより、物性面では加工工程にフィッティングしないまでも、今後のヤマハにおける楽器づくりの一部として材料を活用できる可能性がある。これら理由により、本ナレッジを選択した。

③ 活用・類似例など

先述のように、近年楽器材の持続可能性の担保はメーカーとして喫緊の課題の一つとなっており、品質やコストといった通常の調達要件に加えて合法性、持続性という新たな基準を加えた材料調達を進めていく必要がある。特に、CITES によるローズウッド材全般の取引規制が楽器業界に与えた影響は大きい。ローズウッド材（*Dalbergia* spp.）は、ギターを主力製品として、管弦打楽器に広く用いられている。ギターにおいては、ローズウッドかマホガニーを側板、裏板に使うことが多く、その他には東南アジアで植林されたソノケリン（*Dalbergia latifolia*）が指板に活用されている。CITES による規制は、特に物流面での負担が大きく、原産地証明や関連書類の整備を行う必要がある。材料を輸入して加工、完成品を出荷するヤマハにおいては、これらの管理が加わることによる生産活動への負荷が大きい。

このような背景から、CITES の対象となっている材料に対して、他材料に代替できるものは変更していくという動きがある。その候補材料として、早生材や楽器への使用実績の乏しい広葉樹材が選定、検討されたことがある。例えば、東南アジアの植林材であるユーカリ

材の一部は密度が高く、弾性率が高いという特性が見られたため、現地の植林会社、木材業者と連携して楽器材としての取引を検討した。この検討では、ユーカリ材がパルプ用途で植林されたものであり、5年伐期の短サイクルでの森林施業を前提としていたことに起因し、欠点が多く、かつ乾燥プロセスの改善が必要という結果になり結局採用には至らなかった（図 IV-12）。また、楽器材としての取引量が少ないことで、サプライチェーン上の最小ロット単位を満たすことができなかった。しかし、今後このような材については、他社合板メーカーなどとも連携して、施業を長く、かつ最小ロット数量を担保したサプライチェーンを構築することにより、将来的には採用に至る可能性があると考えている。



図 IV-12 東南アジアのユーカリ植林材の板材

3) ナレッジ活用目標 C

表 IV-6 ナレッジ活用目標

課題 A	ナレッジ B	ナレッジ活用目標 C(A+B)
対象地で育成可能と思われる早生材(トゥーナ、ニーム)は楽器材としてのポテンシャルがあるが、楽器材としての利用実績が極めて少なく、楽器生産工程への適用性や調達性が課題。	① 木材加工・楽器生産技術	対象材(トゥーナ、ニーム)を楽器に持続的に活用できるモデルを構築し、ギターを中心とした楽器製品に搭載する。
	② 楽器材の調達、サプライチェーン構築	

本事業では熱帯産早生樹を対象としており、早生樹の大きな特徴である短伐期施業を活かした短中期的な林産物利益を、地域社会に還元することを最終目標としている。そこで、対象地であるタンザニア南東部にて育成可能な樹種を2種(トゥーナ：*Toona ciliata*、ニーム：*Azadirachta indica*)を選択し、楽器としての可能性を検証、最終的には製品への搭載を目標とする。

トゥーナは、1900年代初頭のドイツ植民地時代にタンザニアに導入されたと言われており、キリマンジャロ、キゴマ、モロゴロ、ソングウェなど北部から西部の半乾燥地域に導入事例がある(図 IV-13) [10]。現地に自生する他の広葉樹材と比較して、木材流通量が少なく、取り扱う業者が少ないのが現状である。タンザニアやインドに広く見られる半乾燥地域での生育が適しており、マホガニーに似た材色を持つことからギター材料としての可能性は高いと考えられる。

ニームは、ミャンマーなどの中央アジア原産で、インドやアフリカ等、熱帯地域では広範囲に植栽されており、乾燥地でも生育できることから植林種として重宝される。タンザニアでは街路樹として植栽されており(図 IV-13)、材はトゥーナより重いとされる[13]。枝葉や果実の成分が殺虫、忌避成分があり世界的に注目されている植物であることから、木材利用だけでなく非木材資源として有用である[13]。そのため、木材の成長期には果実や葉の利用、成長後には木材の利用といった使い方が可能と考えられる。



図 IV-13 タンザニアにおけるトゥーナ[10]とニーム