

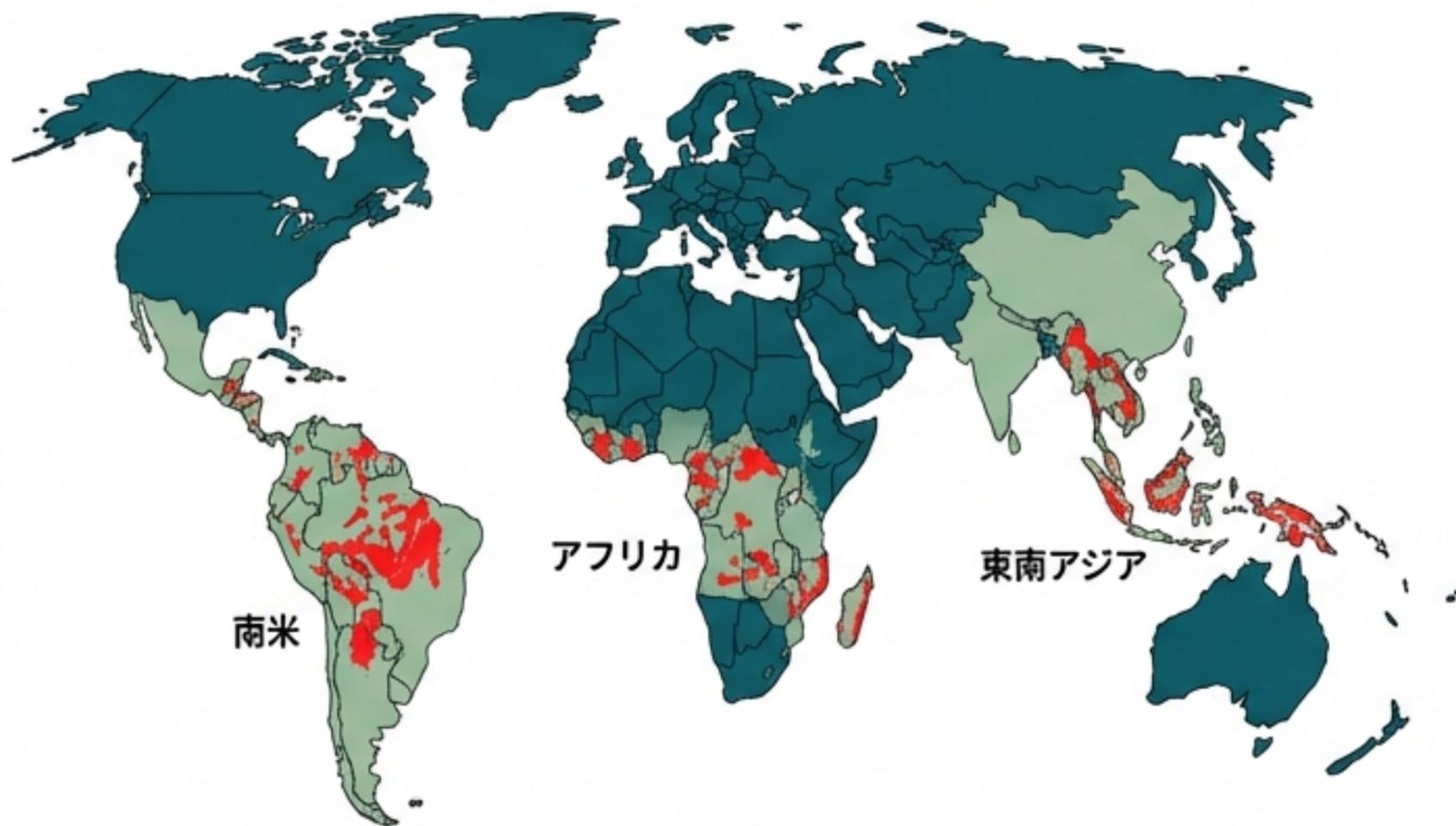


海洋からの緑の革命：緑藻類セルロースによる木質パルプ代替への挑戦

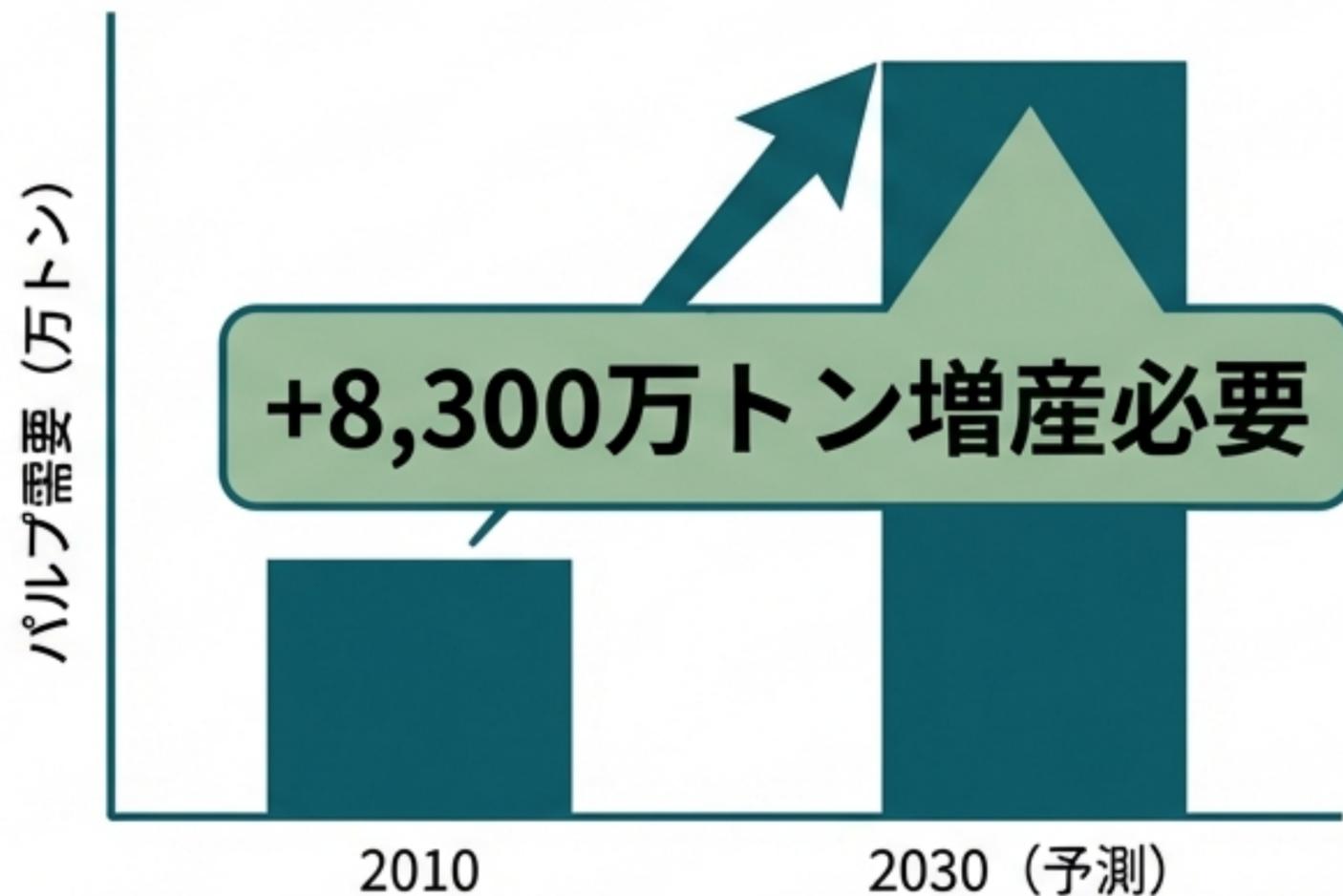
ミナミアオノリとシオグサ（キヌイトジュズモ）の特性比較と産業利用の可能性

森林資源の限界と迫り来るパルプ不足

森林減少地域 (2015年以降 -10万km²/年)



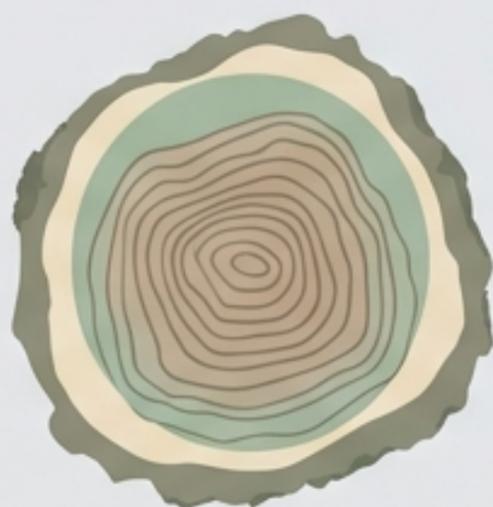
Paper Demand Explosion



WWFジャパン / 卒論資料

既存の木材資源だけでは、将来の供給責任を果たせない。
新たな「非木材資源」の開拓が急務である。

なぜ「藻類」が選ばれるのか？



木材 (Wood)

- 土地が必要 (要広大な面積)
- 成長が遅い (数十年)
- 高リグニン (20-35%・高エネルギー処理)



藻類 (Algae)

- 土地不要 (海洋養殖)
- 成長が速い (高い光合成効率)
- **低リグニン** (省エネ抽出プロセス)

藻類は、リグニン除去のエネルギーコストを大幅に削減できる「省エネ型」セルロース資源である。

供試藻類の紹介：対照的な2つの候補

同じ「緑藻」でありながら、全く異なる構造を持つこの2種は、セルロースとしてどのような違いを見せるのか？



ミナミアオノリ (*Ulva meridionalis*)

特性：扁平状 (Flat/Leafy)
高い環境適応力と成長速度。柔軟な組織。



シオグサ (*Chaetomorpha tokyoensis*)

特性：繊維状 (Fibrous/Stringy)
高度に配向した細胞壁。強靱な繊維質を持つ。

実験プロセス：原藻から紙へ



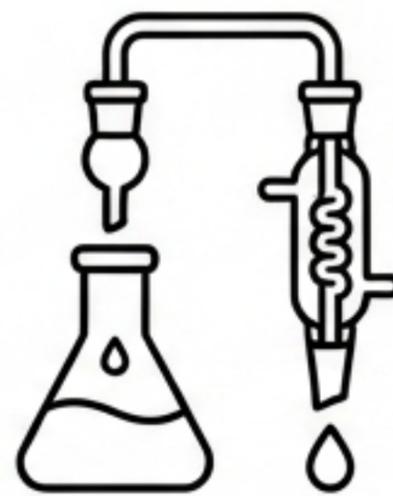
前処理

洗浄・凍結乾燥・粉碎



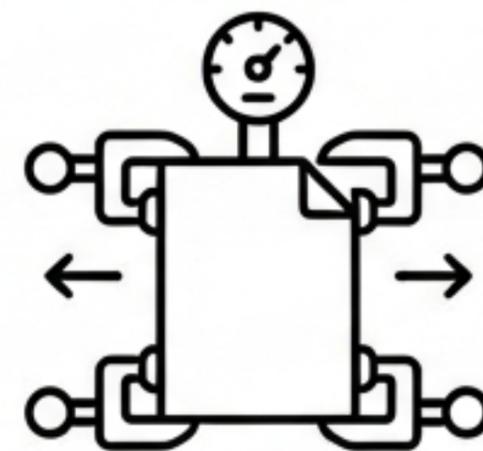
ホロセルロース定量

亜塩素酸Na処理
(リグニン除去)



α -セルロース抽出

17.5% NaOH処理
(ヘミセルロース除去)

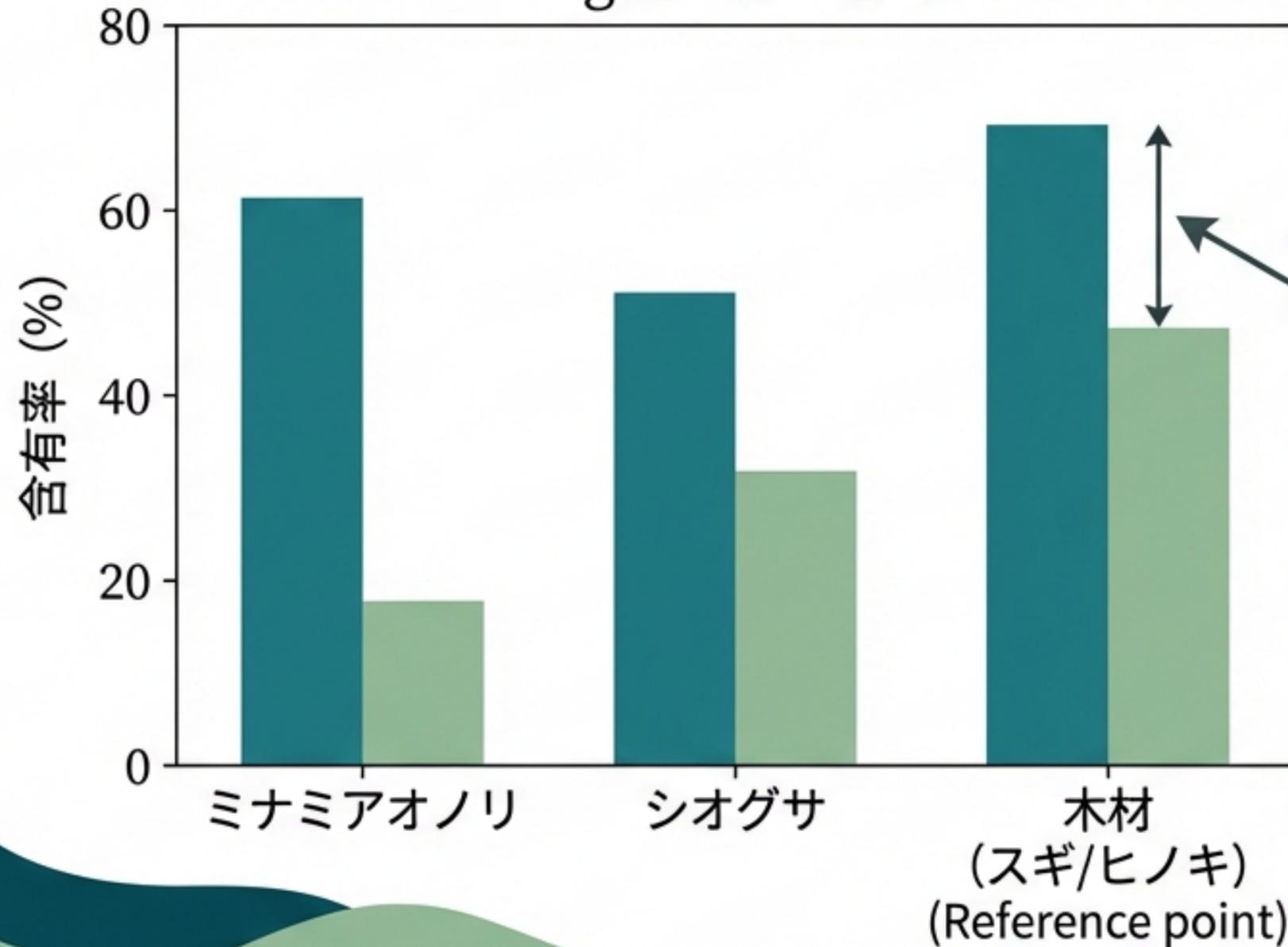


抄紙・物性評価

シート化・引張強度測定

組成分析：「量」の壁

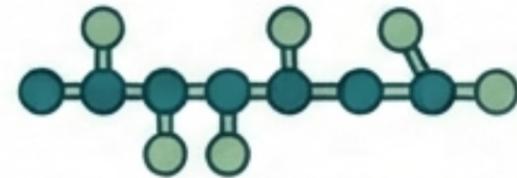
Algae vs. Wood



海藻はミネラル分を含むため、単位重量あたりのセルロース量は木材に劣る。

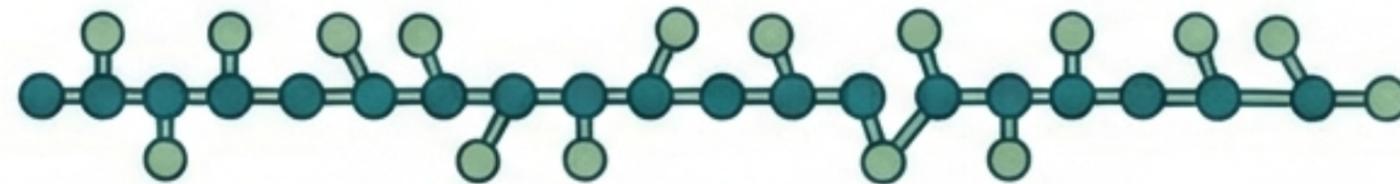
決定的な発見：木材を凌駕する「重合度」

ミナミアオノリ



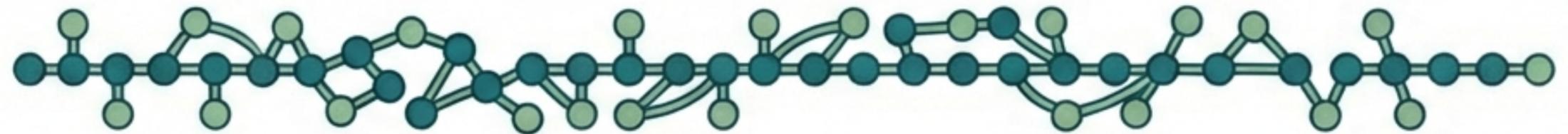
DP 210 (Short)

針葉樹パルプ
(基準)



DP 1,541 (Standard)

シオグサ



DP 2,157 (Ultra Strong)

シオグサは木材パルプの約1.4倍の重合度を持つ。これは、極めて強靱な天然繊維であることを証明している。

初期の障壁：未処理での抄紙困難



濾水時間 1695秒（排水不良）。
繊維が分散せずダマになる。

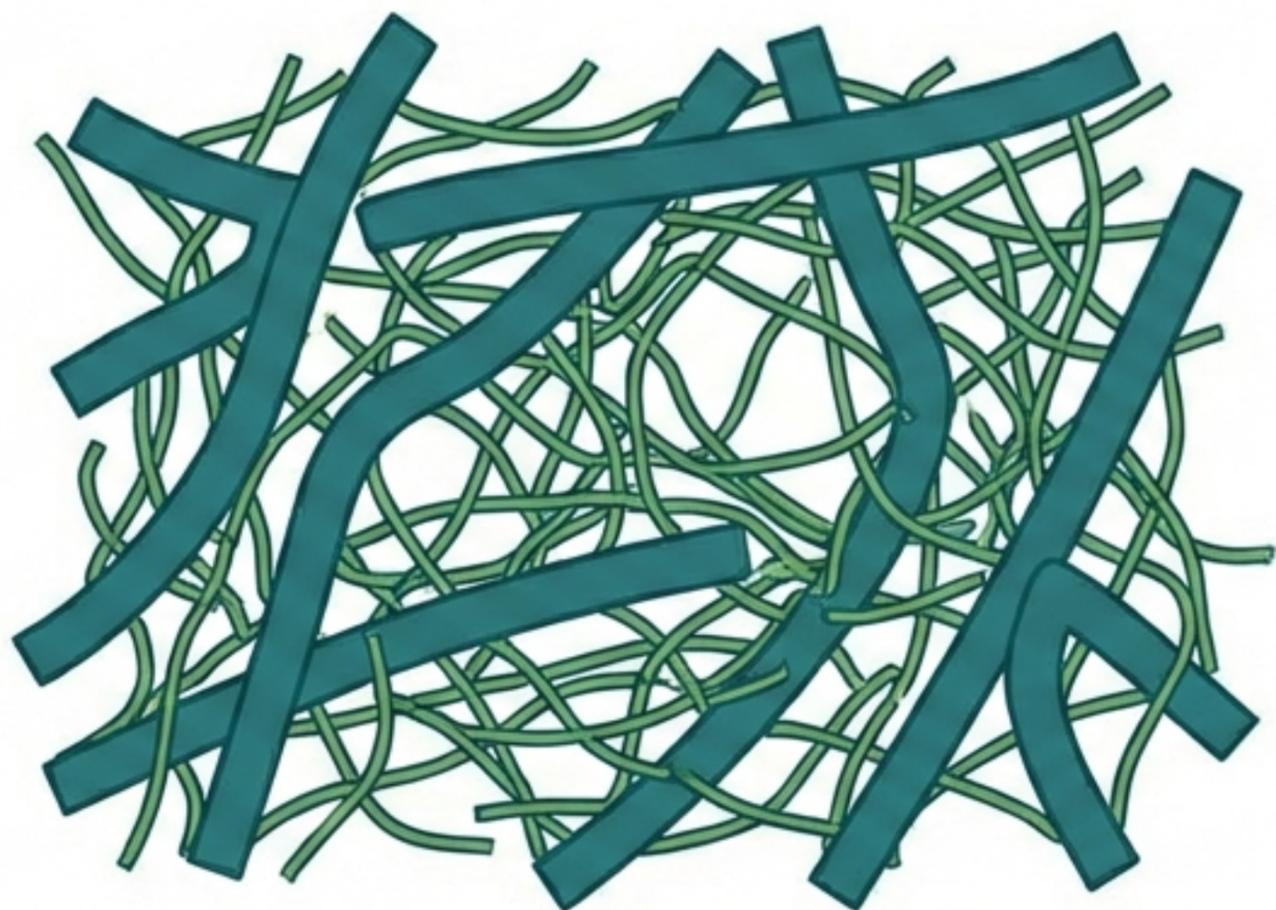


繊維同士の結合力が弱く、
シートとして崩壊。

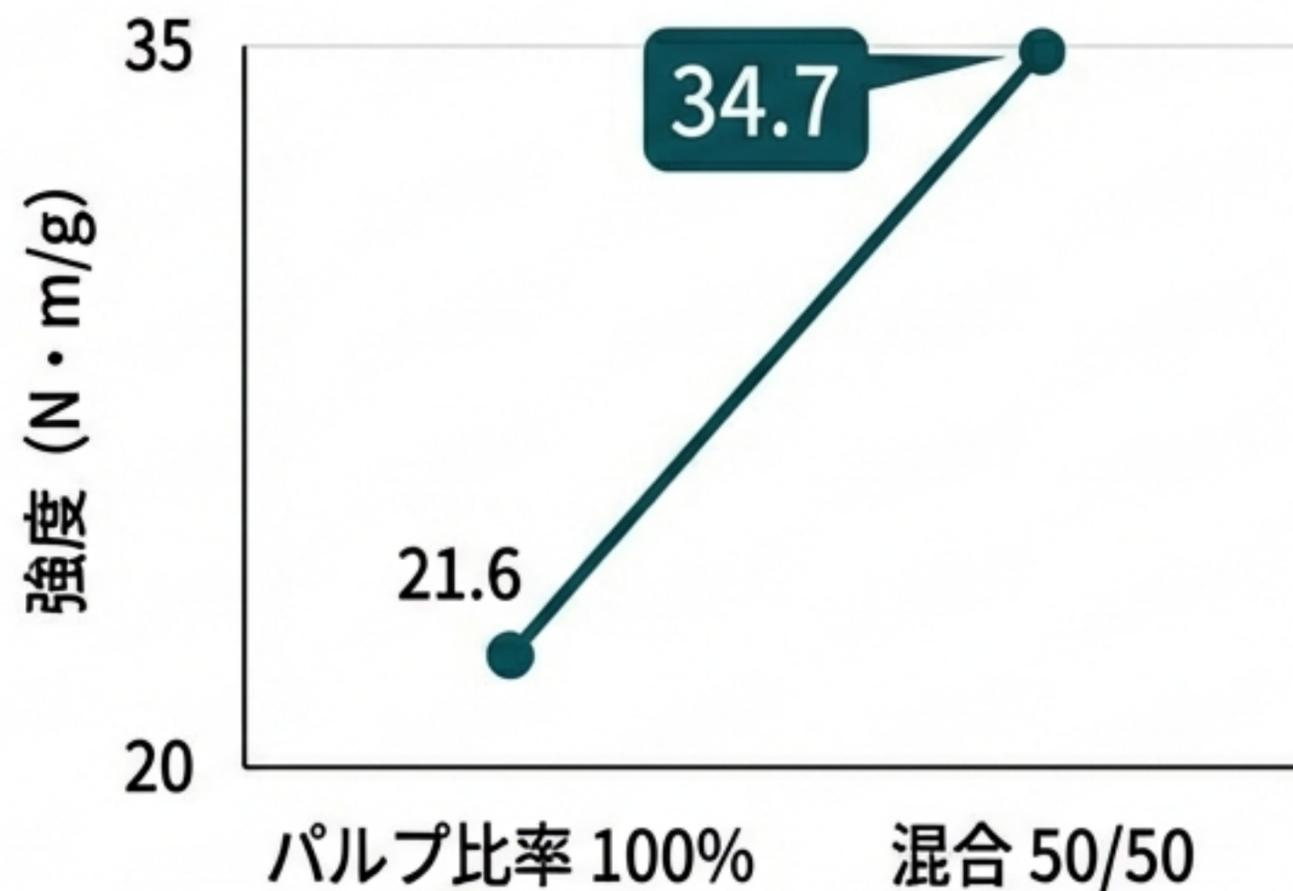
単独での利用は難しい。 → 「混合」と「化学的改質」による最適化へ。

ミナミアオノリの真価：最強の「バインダー」

微細繊維が隙間を埋める（高分散性）



引張強度の変化（混合比率）



ミナミアオノリは単体では弱いですが、パルプと混ぜることで「紙力増強剤」として機能する。

シオグサの最適化：3%アルカリ処理の魔法

未処理

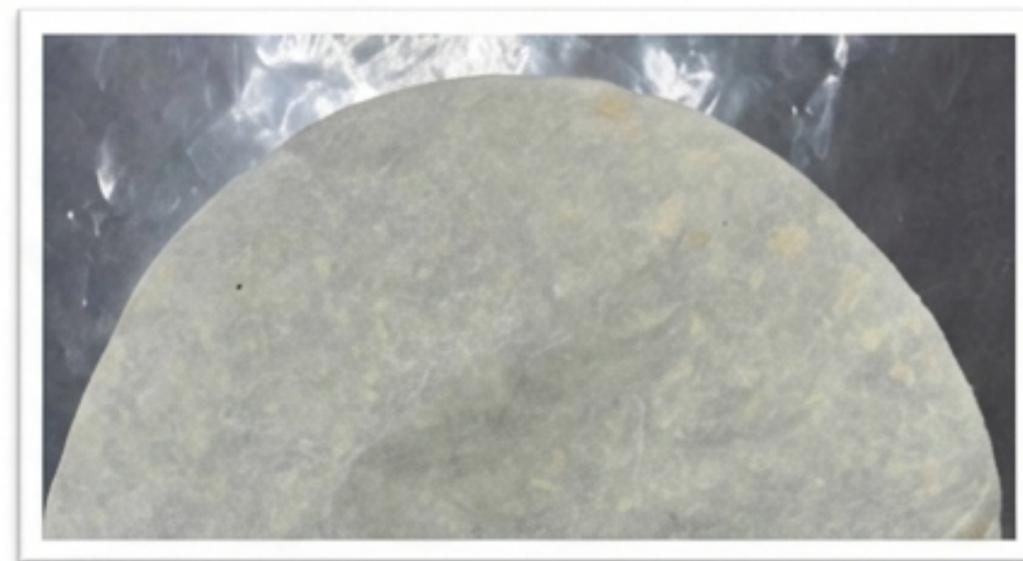
濾水時間 1695秒



3% NaOH処理

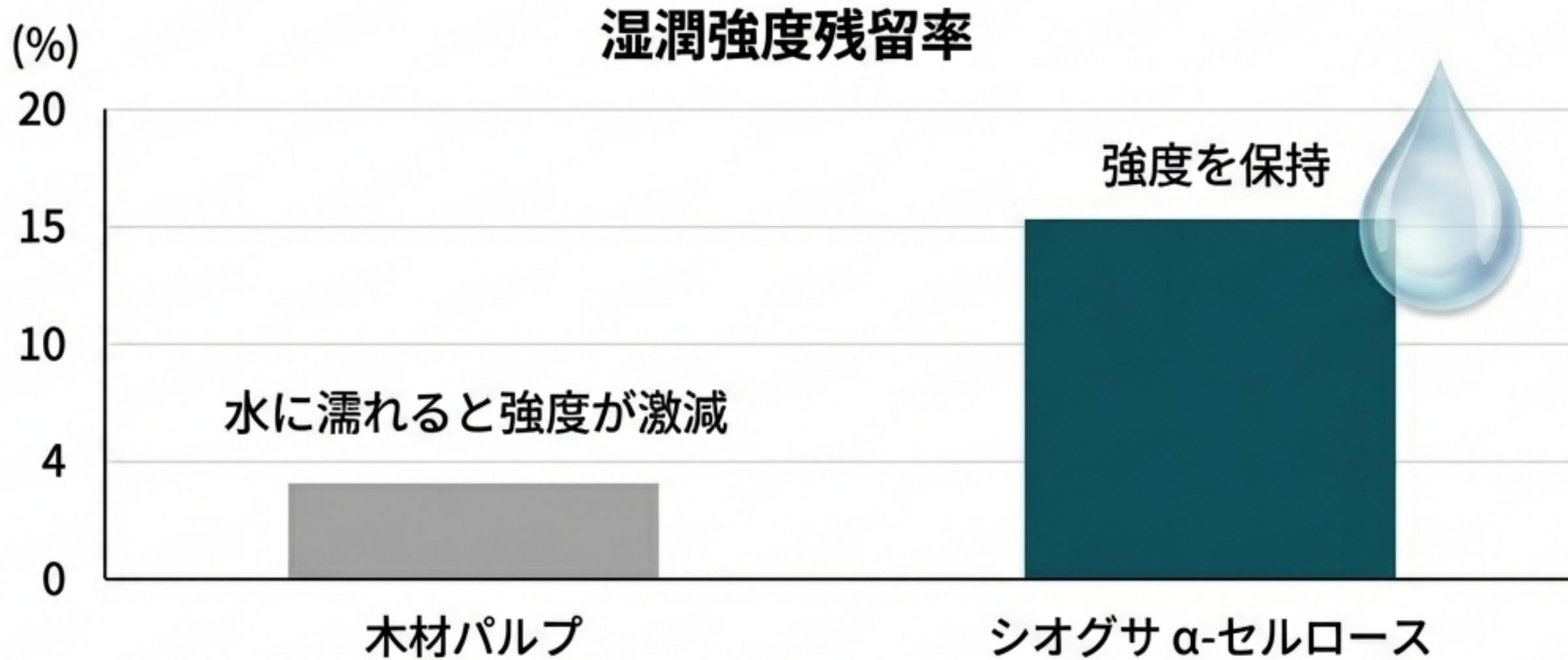
最適化処理後

濾水時間 **117秒** (劇的短縮)
強度 **30.6 N・m/g** (> 木材パルプ)



アルカリ処理により繊維が適度に膨潤し、製造効率と強度が両立された。

予期せぬ機能性：耐水性という武器



シオグサの高重合度繊維は、水を含んでも繊維ネットワークが崩れにくく にくい。水回り製品への応用が可能。

結論：特性に応じた役割の分化

ミナミアオノリ (*Ulva*)

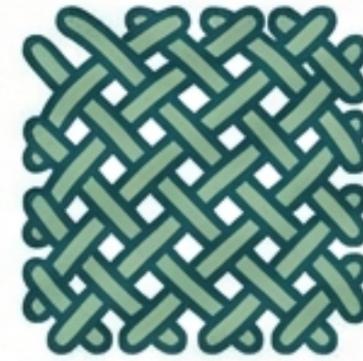


低重合度
高分散性

**「紙力増強剤」
(Additive)**

再生紙・弱質パルプの補強

シオグサ (*Shiogusa*)

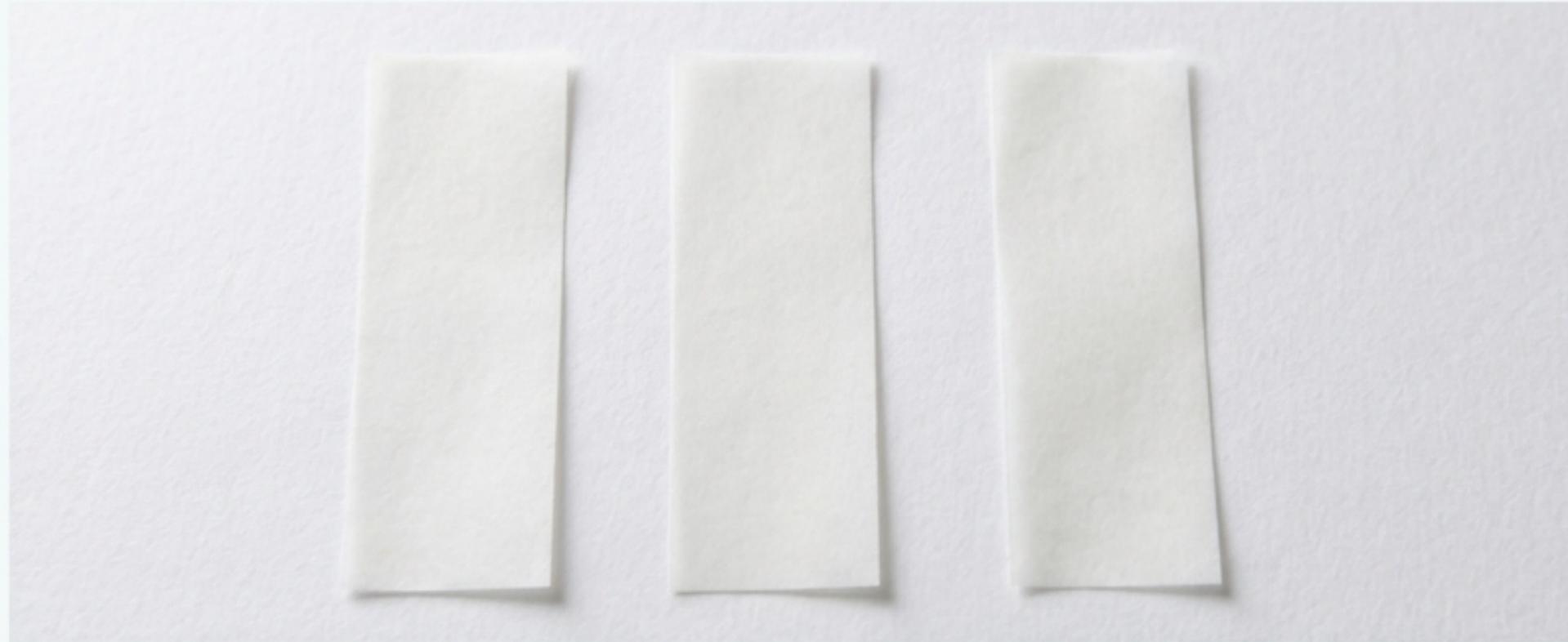


超高重合度
耐水性

**「木材代替・構造材」
(Structural)**

特殊紙・高強度紙・耐水紙

持続可能な資源循環の実現へ



- **脱・森林依存**

海洋バイオマスによる木材代替の実証。

- **省エネルギー**

低リグニン・低濃度アルカリ処理による環境負荷低減。

- **適材適所**

藻類ごとの特性（バインダー vs 構造材）を活かした産業利用。