

新品種「源生林あしたば」
他の植物に比べ約 2.6～20 倍の CO₂ 吸収能力を実証
1 年あたりの CO₂ 吸収能力:183 トン/1ha

発表者

浦野 豊 博士（農学・東京大学）
 東京大学大学院農学生命科学研究科

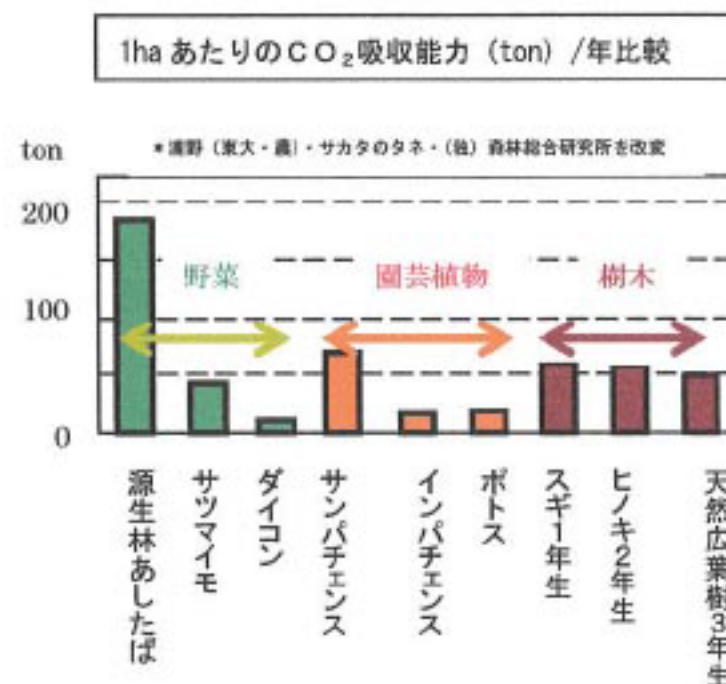
「源生林あしたば」は、八丈島を原産とするあしたばの新品種（種苗法：第 14641 号）であり、CO₂の吸収能力が他の植物に比べ高いことが浦野豊博士（農学・東京大学）らの調査研究結果により証明されました。



「源生林あしたば」の 1 ヘクタールにおける 1 年間の CO₂ 吸収能力は、成長実測値から算定した結果 183 トンであり、園芸植物の中では成長速度が速いサンパチェンスの 70 トンと比べ、約 2.6 倍の能力があることがわかりました。また、他の大型野菜の炭素固定能力と比較した場合、ダイコン（可食部約 3kg）の約 10 トンと比べて約 19 倍、サツマイモ（可食部約 1.1kg）の 42 トンと比べて約 4.4 倍の能力差がありました。【表 1】

全ての緑色植物は光合成を行うことにより大気中の二酸化炭素と水から炭水化物を合成し自身の体を成長させます。しかし、植物が枯れた後、ゴミとして焼却したり土に戻し腐食分解させたりしてしまうと、成長時に固定した C を CO₂ の形で再び大気中に放出してしまうので差し引きゼロになってしまいます。これでは植物が大気中の炭素を固定したことにはなりません。そこで、植物バイオマスを適切な形で資源として活用する（後述 5 F の説明を参照）ことが提案されます。このことで、植物が大気中の二酸化炭素を吸収する「炭素固定源」とみなすことができるのです。

「源生林あしたば」は、CO₂ 吸収能力が高いことに加え、食品として食べることで、最も効率の良い資源活用（5 F 参照）ができることが大きな特長といえます。さらに、根から茎、葉まではほぼ全てのバイオマスを利用できる可能性があります。今後、CO₂ 排出権ビジネスに関連するカーボンオフセットやカーボンクレジット等での重要な役目を担うとともに国民運動としての「低炭素社会形成」の促進が大いに期待されるところです。



【表 1】各植物における CO₂ 吸収能力の比較

□この件に関するお問い合わせは下記までお願いいたします

株式会社 農学研センター 担当：和地義隆 TEL029 (272) 4182

1. 「源生林あしたば」のCO₂吸収能力の調査方法

植物は光合成で大気中の二酸化炭素を吸収し炭水化物を合成することにより成長する。すなわち植物体には大気から取り入れた炭素が固定されている。そこで源生林あしたばの二酸化炭素吸収能力を以下のように算定した。

1. サンプルング

苗の植え付け（2007/4/28）から2年目（2008/10/26）の成長がほぼ停止した「源生林あしたば」を損失のないように注意しながら地上部を刈り取り【写真1】、根を掘り起こす【写真2】。



「源生林あしたば」畑
【写真1】



掘り起こした根の一部
【写真2】



乾燥した源生林あしたば（葉・茎・根の各器官に分けた苗）【写真3】

2. サンプルの乾燥／乾物重の秤量

採取した「源生林あしたば」を乾燥用オーブンもしくは乾燥した室内で完全に乾燥させた。

【写真3】は苗のサンプルの乾燥状態である。植え付けは種ではなく苗で行うため、成長後のバイオマスから植え付け時の苗のバイオマスを差し引く必要がある。そのため植え付け時と同等の苗のサンプルングも行った。乾燥させた「源生林あしたば」を秤量した。これを乾物重とよぶ。乾物重は、草本の場合一般に生重量（生の植物体の重さ）の約10～20%であるが種により異なる。

3. 炭素固定量の算出

乾物重を秤量することにより、植物体を構成する分子中の炭素の比率を用いて植物体に固定された炭素量を求めることができる。植物体の主成分はセルロース等の炭水化物であり、炭素の比率は種によって異なるが、一般に乾物重の45～55%である。算定上、中間値の50%が採用されることが多く、「源生林あしたば」の場合も乾物重の50%を炭素重とみなした。なお、「源生林あしたば」の植え付けは種ではなく苗で行うため、成長後の乾物重から苗の乾物重を差し引く必要がある。そのため苗の乾物重もあらかじめ算出しておいた。しかしながら植え付け時の苗の乾物重は平均2.7gであり、成長後の乾物重と比較してとても小さいため無視できることがわかった。

4. CO₂吸収量の算出

炭素固定に要した二酸化炭素吸収量（g）を算定するには、炭素量（g）に44/12を乗ずる。また、算出された二酸化炭素吸収量（g）より標準状態（SATP[※]）での容量（リットル）に換算するには以下の数式に当てはめる。

$$\text{CO}_2 \text{ (リットル)} = 24.8 \times \text{CO}_2 \text{ (g)} \times 1/44$$

※SATP：標準環境温度と圧力（Standard Ambient Temperature and Pressure）における標準状態、つまり温度25℃、気圧1 barでの状態。

2. 「源生林あしたば」の炭素固定量の算定例

茨城県内の圃場に栽培する「源生林あしたば」をサンプリングし（写真1、2、3）、以下のように炭素固定量を算定した。

乾物重平均サンプル（1プラグ苗＝2株：平均草丈は1.3mと2.0m）

地上部：596g

地下部：656g

合計（全体の乾物重）：1,252g

炭素固定量（全体の乾物重×0.5）：626g（2年間）

炭素固定に要した二酸化炭素吸収量（炭素重×44/12）：2,295g（2年間）

なお、二酸化炭素吸収量2,295gは標準状態（SATP）では1,294リットルに相当する。

サンプルとした「源生林あしたば」の生育に要した期間は2年間であり、炭素固定量（二酸化炭素吸収量）では算定値の半分となり、それぞれ炭素固定量313g、二酸化炭素吸収量1,148gである。

さらに、次のように栽培面積あたりの炭素固定量および二酸化炭素吸収量を求めた。

「源生林あしたば」の実証実験を行った茨城県内の圃場では、栽培面積で平均すると約25cmおきに1プラグ苗の割合で生育させた。この栽培条件下で1プラグ苗（2株）で草丈を平均するとおよそ130～200cmの範囲で成長することがわかった。なお、同じ実験区内の局所では高さ最大285cmになる個体も記録した。

この実験区の栽培密度を1ヘクタールあたりに換算すると、栽培可能株数は16万プラグ苗（32万株）であり、1プラグ苗あたりのCO₂吸収能力より2年間のCO₂吸収能力は平均約367トン/ha・2年、1年間ではその半分の183トン/ha・年と算定された。

なお、実験区において最大285cmの草丈になるという旺盛な生育をみせた局所においては、CO₂吸収能力1460トン/ha・年の推定結果も得られた。このように「源生林あしたば」のCO₂吸収能力は平均値183トン/ha・年を大きく超える可能性もあるが、現在のところデータ不足のため今後さらに実証実験を継続していく予定である。

3. 「源生林あしたば」の収穫、冬枯れ、呼吸による炭素収支

「源生林あしたば」は生育期間（毎年5月15日～12月15日）において約2週間毎に1株当たり約60g（1プラグ苗あたり120g）の生鮮野菜が収穫される。その収穫量に相当する炭素量を算出すると約14.7トン/ha・年であった。この数値は源生林あしたばの成長による炭素固定量に加算することができる。

次に、「源生林あしたば」が炭素を放出する量を算定する。「源生林あしたば」は越冬可能であるが、越冬時に地上部は枯れてしまう（冬枯れ）。そのため、枯れた植物体の一部（1/10と仮定：土壌微生物が活躍する気候風土により異なる）が土壌微生物により分解され、炭素が二酸化炭素として大気に戻される算定が必要である。その結果、約14.5トン/ha・年であった。

次に、「源生林あしたば」の呼吸による二酸化炭素放出量を算出する。植物は日夜呼吸を行い、酸素を吸収して二酸化炭素を放出している。したがって、植物による炭素固定能力を論じる場合、日中の光合成による炭素固定から呼吸で消費された炭素量を差し引く必要がある。呼吸量は植物種や個体により異なるので、正確に数値を出すためには適切な実験計画を立て実測しなければならない。しかしながら「源生林あしたば」についてはこの実験を行っておらず今後の課題であるが、今回は一般的な草本の呼吸量を目安として推定した。「源生林あしたば」が他の一般的な草本植物と同じように生鮮量の1/100が年間の呼吸として消費されると仮定すると、呼吸による二酸化炭素放出量は炭素重に換算して約0.14トン/ha・年と推定された。

この呼吸による炭素放出量約0.14トン/ha・年と冬枯れによる炭素放出量約14.5トン/ha・年とを合計すると約14.64トン/ha・年である。この数値は先に算出した、生鮮野菜収穫による炭素固定量の約14.7トン/ha・年とほぼ等しい。つまり、今回の仮定の下では、生鮮野菜の収穫による炭素固定と、冬枯れおよび呼吸による炭素放出による炭素収支はほぼゼロとみなすことができる。

したがって、今回の仮定の下では「源生林あしたば」の炭素固定量算出にあたり生鮮野菜の収穫と冬枯れや呼吸による炭素収支は無視できるので、単純に成長に要した期間と成長時点での炭素重から求めることができる。

以上のような手順で炭素固定能力（二酸化炭素吸収能力）を算定した結果、「源生林あしたば」は平均約50トン/ha・年の炭素固定能力（183トン/ha・年の二酸化炭素吸収能力）を有し、1プラグ苗あたりでは年間約313gの炭素固定能力（1,148gの二酸化炭素吸収能力）を有することが推定された。

4. CO₂吸収源としての評価

□成長後のバイオマスを適切に扱わなければ生態的に炭素を固定したことにならない

植物は光合成で大気中の二酸化炭素を吸収し炭水化物を合成して自身の体を成長させる。一般に、成長が速い植物はそれだけ炭素固定能力（二酸化炭素量吸収能力）も高いといえる。植物が固定した炭素量（二酸化炭素吸収量）を求めるには、上述したようにバイオマス（地上部および地下部すべての植物体の量）から算定する。なお、植物の成長過程における、ある一定期間の炭素固定量（二酸化炭素吸収量）を算定する場合、開始時点のバイオマスから終了時点のバイオマスを差し引いた成長分のバイオマスから算定する。

このように、一般の植物はCO₂吸収源として利用できるが、成長後のバイオマスを適切に扱わなければ生態的に炭素を固定したことにはならないので注意を要する。

たとえば、成長後のバイオマスを焼却したり土に埋め戻したりすると、燃焼および土壌微生物による炭水化物の分解により炭素は二酸化炭素として大気中に戻される。つまり、収支は炭素吸収量（炭素固定量）と炭素放出量が等しく差し引きゼロとなるので、その植物は生態系において炭素固定にはまったく寄与しないことになる。

特に草本植物は、樹木のように永年建材として炭素を固定し続けることができないので、成長後のバイオマスの有効な利用法をあらかじめ確立しておく必要がある。炭素を永年固定し続けることが出来ない草本植物のバイオマスは、炭素が大気中に戻るまでにエネルギー利用効率の高い順に資源活用し、その資源を生かす必要がある。

□5F という考え方。「源生林あしたば」はバイオマス利用の可能性大

バイオマスの利用についてはバイオマスの5Fという考え方があり、Food（食物）→Fiber（繊維）→Feed（餌）→Fertilizer（肥料）→Fuel（燃料）の順で環境負荷軽減効率が高く、さらにそのカスケード（多段階）利用が必要であると考えられている。

ここで「源生林あしたば」のバイオマスについて述べると、「源生林あしたば」はもともと野菜であるため、まずはFood（生鮮食品）として位置づけられる。さらに地上部だけでなく地下部（根）も含む全体のバイオマスは、加工食品、栄養成分、薬効成分としての需要も多く、これらもFood（食物）として位置づけることができる。また、Feed（飼料）としての需要もある。もしFood（食物）やFeed（餌）に利用出来ない残滓が発生した場合、さらにFertilizer（肥料）やFuel（燃料）としても利用できる可能性がある。

また、「源生林あしたば」は耐寒性があり越冬が可能である。在来品種のアシタバの自生地である伊豆七島および伊豆半島の沿岸等という限られた自生面積と比較した場合、新品種の「源生林あしたば」の栽培面積は桁違いに大きい。たとえば厳しい気候条件の北海道の複数箇所においても成長量は少ないながらも生育し、越冬することが確認されている。

このように「源生林あしたば」は国産食用野菜として広い範囲に栽培できるので、日本において合理的な二酸化炭素吸収源（炭素固定源）植物としての提案が可能であろう。

5. 他の植物との比較および考察

「源生林あしたば」を他の園芸植物や樹木と比較した場合、二酸化炭素吸収（炭素固定）能力は、園芸植物で成長が早いとされているサンパチェンス、大型根菜類のサツマイモやダイコン、そして国内で最も成長速度が速い樹種のひとつであるスギの幼木時（2年生）の能力を大幅に上回っている。【IP表1】

特にスギなどの樹木の成長量が大きい時期は芽生えから2～3年後の幼木時であり、それ以降の成長速度は次第に衰えてくる。スギよりも成長が速い樹種としてはユーカリなどがあり、CO₂吸収能力は最大で37～110トンと報告されているが、ユーカリは外来種であり、日本に植林する場合、土壌や小動物などを含む生態系に及ぼす様々な害が報告されている。したがって、【表1】では日本の樹種に限定して比較した。

また、園芸植物としては成長速度が非常に速いとされるサンパチェンス（70トン/ha・年）やその他の園芸植物とも比較しているが、「源生林あしたば」1プラグ苗（2株）のCO₂吸収能力（183トン/ha・年）はサンパチェンスの約2.6倍能力が高いことを示す。

なお、「源生林あしたば」と他の大型根菜類のCO₂吸収能力と比較した場合、ダイコン（可食部約3kg）の約10トン/ha・年と比べて約1.9倍、サツマイモ（可食部約1.1kg）の42トン/ha・年と比べて約4.4倍の能力差があることがわかった。

現在のところ「源生林あしたば」のように高い二酸化炭素吸収（炭素固定）能力を有する野菜植物は見出されていない。さらに、「源生林あしたば」のように地上部と地下部のほぼすべてが有用資源となる植物も見出されていない。この両者の点において、「源生林あしたば」は他の植物と比較して二酸化炭素吸収（炭素固定）源として優位であるとみなされる。特に、サンパチェンスのような園芸植物の場合、鑑賞時期が終わると土に埋め戻されたり焼却廃棄されたりするので、成長時に固定した炭素は廃棄時に大気中にすべて戻される収支となり、生態系において二酸化炭素吸収（炭素固定）能力はゼロとなる。この点においても「源生林あしたば」は他の植物よりも価値が高いことがわかる。

このように、「源生林あしたば」は速い成長能力で一定期間に多くの炭素を固定する能力を有し、バイオマスの利用法もすでにほぼ確立されているので二酸化炭素吸収源（炭素固定源）として理想的な植物である。

□カーボンオフセットやカーボンクレジットでの重要な役目

今後、「源生林あしたば」は合理的な二酸化炭素吸収源となる植物として広く植えられ、また、二酸化炭素排出権取引に関連するカーボンオフセットやカーボンクレジットでの重要な役目を担うことが予測できる。

なお、生態系に関与する植物の役割は複雑であり、今回の「源生林あしたば」に限らず植物の炭素固定量（二酸化炭素吸収量）については施肥や土壌環境、気候などの環境条件に影響される。今回の「源生林あしたば」についての研究結果は限られた時間内に調査したデータからの推定値も含むため、今後も生態学的データを蓄積し、より信頼性の高い評価法により炭素固定（二酸化炭素吸収）能力を検証してゆく予定である。