

説明資料4

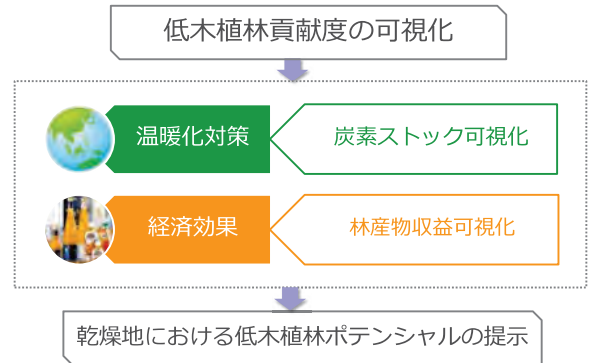
途上国森林づくり活動貢献可視化事業第2回事業運営委員会

モンゴル乾燥地における低木植林の
貢献度可視化検証業務

2022年12月20日

アジア航測株式会社
AIA AIR SURVEY CO., LTD.

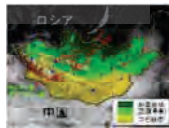
1. 本業務の全体像

明日と未来
アジア航測株式会社
AIA AIR SURVEY CO., LTD.

2

2. 本件業務の背景・目的

- モンゴルでは温暖化対策や砂漠化防止など環境保全における植林の重要性は非常に高く、昨年から「10億本植樹国民計画」を実施しているが、その資金源の45%を国内の民間企業に、20%を海外支援に期待している。この事業の完成により砂漠化土地の4%が回復できる。（10年間約14億USDを投資予定）



乾燥・半乾燥地低木植林に着目

- モンゴルの多くの乾燥・半乾燥地域の緑化において低木の適応性は高く、また果実など特用林産物による経済効果をもたらす樹種も多い。低木植林は特に砂漠化防止緑化において重要な役割を果たしているが、植林面積が拡大するにつれて炭素ストックへの寄与にも期待できる。

明日と未来
アジア航測株式会社
AIA AIR SURVEY CO., LTD.

3

3. 調査対象林分と樹種

◎サジー(*Hippophae rhamnoides*、グミ科)人工栽培林

サジーの果実は古くから伝統的に食品や医薬品として利用
近年付加価値を高めた商品が多く開発され、人気を博している

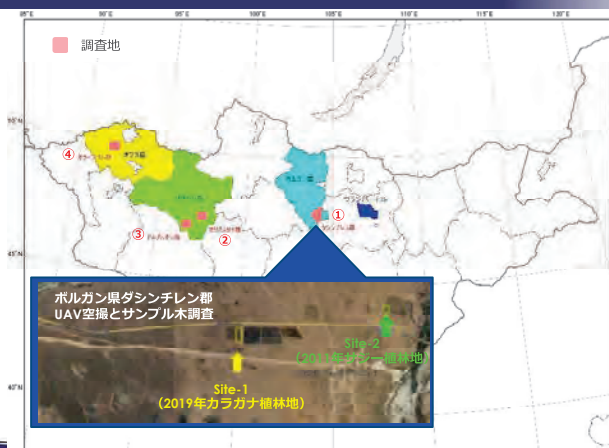
◎カラガナ (*Caragana spp.*、マメ科)植林地内外の自生木

カラガナは放牧地砂漠化防止と将来家畜飼料としてのポテンシャルに期待

カラガナ
の自生木

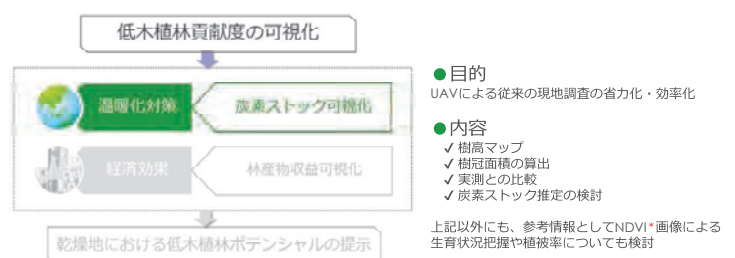
4

4. 調査対象地



5

5. UAVを活用した炭素ストックの可視化



- 目的
UAVによる従来の現地調査の省力化・効率化

- 内容
 - ✓ 樹高マップ
 - ✓ 樹冠面積の算出
 - ✓ 実測との比較
 - ✓ 炭素ストック推定の検討

上記以外にも、参考情報としてNDVI*画像による
生育状況把握や植被率についても検討

*NDVI（正規化植生指標）とは、植物による光の反射の特徴を生かし、植物の量や活力を指示する指標。

明日と未来
アジア航測株式会社
AIA AIR SURVEY CO., LTD.

6

5.1 従来方法の課題と新しい手法の提案

●従来毎木調査



樹高・樹冠径などの実測

●UAVによる空撮

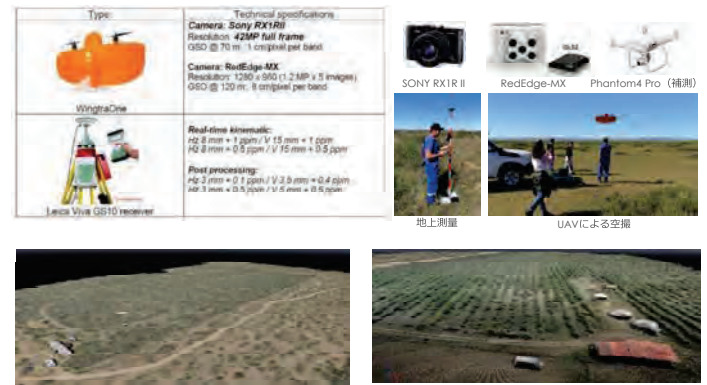


単木レベルの樹高・樹冠面積の算出

明日も便利 アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

7

5.2 使用機材および3Dモデルの作成



Site-1の3Dモデル (カラガナ)

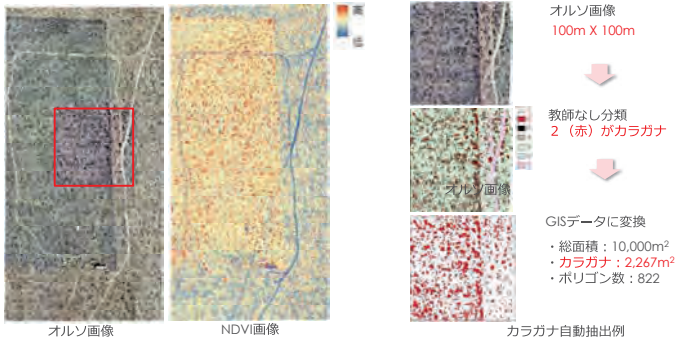
Site-2の3Dモデル (サジー)

明日も便利 アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

8

5.3 カラガナ自生木の画像解析／被覆率算出

- ドローンによる空中写真からオルソ画像およびNDVI画像を作成した。
- 教師なし分類手法*によりカラガナを自動抽出し、単位面積当たりのカラガナの割合の算出方法について検討した。



*教師なし分類は、分類対象の画像の特徴量がある条件のもと、自動的に抽出して、これを使って画像分類処理を行うこと。

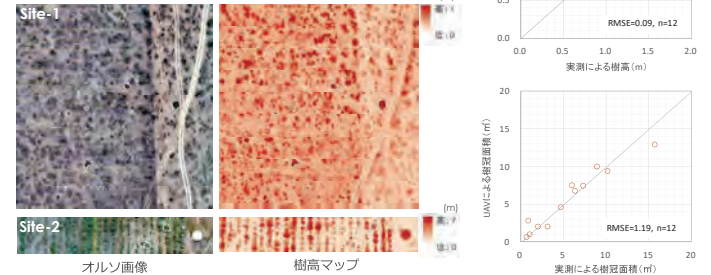
明日も便利 アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

9

5.4 カラガナの画像解析と実測データの比較

- Site-1から8本、Site-2から4本のカラガナを選定し、UAVによる写真測量技術を用いて樹高と樹冠面積を算出し、実測のデータと比較した。

- 樹高(まぼ)偏りなく、樹冠面積は一部過少評価されたものの概ね高い相関が認められた。

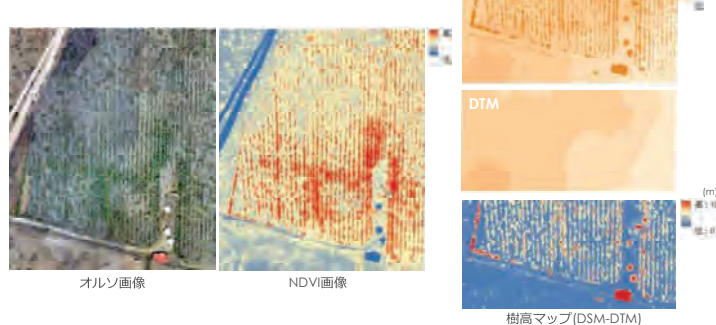


明日も便利 アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

10

5.5 サジー林の画像解析／単木抽出／樹高算出

- ドローンによる空中写真からオルソ画像およびNDVI画像を作成した。
- DSM*とDTM**の差分により樹高マップを作成した。



*数値表面モデル (DSM : Digital Surface Model)

**数値地形モデル (DTM : Digital Terrain Model)

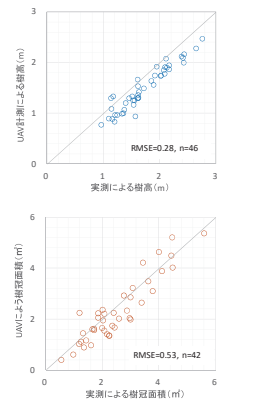
明日も便利 アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

11

5.6 サジー林のUAV計測と実測データの比較

- Site-2から42本のサジーを選定し、UAVによる写真測量技術を用いて樹高と樹冠面積を算出し、実測データと比較した。

- 樹高はUAVによる計測結果がやや過少傾向にあったが、灌水のために根本付近に約20cmの溝を掘っており、誤差の範囲と考えられる。一方、樹冠面積は偏りなく評価されている。



明日も便利 アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

12

5.7 低木の地上バイオマス推定アロメトリーモデルの検証

- G. Conti et al. (2019) *が開発した低木の地上バイオマス推定アロメトリーモデルのうち、樹高 (H) と樹冠直径 (CD) を変数とした下記のモデルを使用して検証した。

$$AGBest = \exp(-0.370 + 1.903 \ln(CD) + 0.652 \ln(H)) * 1.403$$

AGBest : 地上バイオマス推定値、CD : 樹冠直径、H : 樹高

ただし、カラガナは多数の苗木 (シュート) が群がって群生しているため、この「群」の高さを樹高 (H) とし、2方向の幅の平均値を樹冠直径とした。

* G. Conti et al. (2019) Accepted 25 January 2019/ Global Ecology and Biogeography
"Developing allometric models to predict the individual aboveground biomass of shrubs worldwide"

明日と未来 アジア航測株式会社
ASA FOR SUSTAINABLE FUTURE

13

5.8 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較 (1)

サジーの地バイオマス (AGB) のアロメトリーモデルによる推定値と実測

サンプル木 NO.	樹高 (m)	樹冠直径 (m)	推定AGB (A) (kg)	実測AGB (B) (kg)	A/B (%)
1 (Site2)	1.81	2.04	5.428	3.746	144.91
2 (Site2)	1.25	1.13	1.394	0.800	174.36
3 (Site2)	2.13	2.30	7.554	5.385	140.28
4 (Site2)	1.58	1.91	4.419	2.417	182.86
5 (Site2)	1.65	1.61	3.261	1.886	172.88
6 (Site2)	1.23	0.54	0.341	0.236	144.49

今回の調査ではサジーの地上バイオマスの実測値に比べ推定値が過大となっていた。

明日と未来 アジア航測株式会社
ASA FOR SUSTAINABLE FUTURE

14

5.8 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較 (2)

カラガナの地バイオマス (AGB) のアロメトリーモデルによる推定値と実測

サンプル木 NO.	樹高 (m)	樹冠直径 (m)	推定AGB (A) (kg)	実測AGB (B) (kg)	A/B (%)
1 (Site1)	0.79	1.07	0.951	0.524	181.40
2 (Site1)	0.82	3.38	8.666	2.504	346.09
3 (Site1)	0.78	2.85	6.068	1.433	423.47
4 (Site1)	0.75	1.15	1.056	0.491	215.24
5 (Site1)	0.68	1.99	2.821	0.969	291.04
6 (Site1)	0.68	1.60	1.863	0.692	269.01
7 (Site1)	1.05	2.33	4.976	1.533	324.53
8 (Site2)	1.65	3.60	15.168	9.711	156.20
9 (Site2)	0.92	2.45	5.062	2.291	220.97
10 (Site2)	1.13	3.05	8.733	5.003	174.56
11 (Site2)	1.22	2.77	7.601	6.246	121.71
12 (放牧地)	0.87	4.48	15.383	6.627	232.13
13 (放牧地)	0.5	0.93	0.542	0.377	143.87

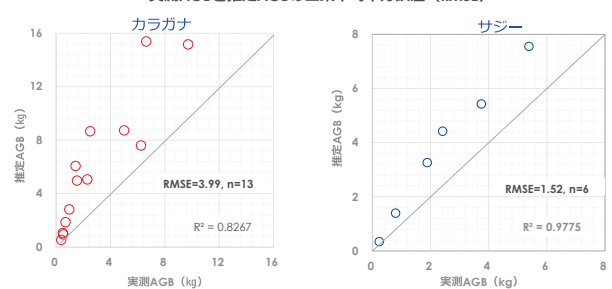
カラガナでも地上バイオマス推定値が過大となっており、特に2019年以前までは放牧地であったSite1と放牧地で過大傾向がより顕著であった。

明日と未来 アジア航測株式会社
ASA FOR SUSTAINABLE FUTURE

15

5.8 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較 (3)

実測AGBと推定AGBの二乗平均平方誤差 (RMSE)

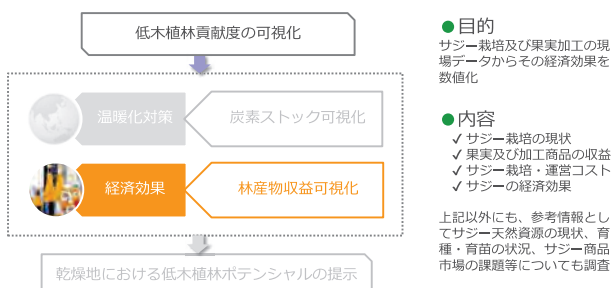


ここで使用した低木地上バイオマス推定アロメトリーモデルが今回調査対象木における適用性については現在整理検討中であるが、バイオマス推定式の改良の必要性が示唆された。

明日と未来 アジア航測株式会社
ASA FOR SUSTAINABLE FUTURE

16

6. 林産物収益の可視化



明日と未来 アジア航測株式会社
ASA FOR SUSTAINABLE FUTURE

17

6.1 モンゴルにおけるサジーの商品化開発

2010年頃から商品開発は盛んになる。

商品には食品 (飲料) が圧倒的に多いが、スキンケア商品も増えつつある。

大手生産加工企業 : 4社

中小生産加工企業 : 50社

家庭経営工場 : 多数

健康志向にコロナ禍の影響もあり、サジー商品の人気はかなり高まっている。



明日と未来 アジア航測株式会社
ASA FOR SUSTAINABLE FUTURE

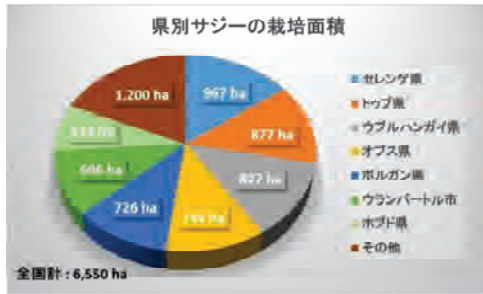
18

6.2 モンゴルにおけるサジの栽培状況

2000年代に入り、オブス県やセレンゲ県等で個人の自発によるサジの栽培と自家製ジュースの生産が始まる。

2010～16年、政府の「サジプロジェクト」が始まる。目標2万ha→実績6,072ha。企業による商品開発始まる。

「サジプロジェクト」は今後「10億本植樹計画」に組み込まれて継続見込み。



2020年のデータ；■その他：500ha未満の14県

出典：Mongolian National Association of Fruits and Berries

明日と未来 アジア航測株式会社

19

6.3 サジ果実生産と一次加工の収益性

モンゴルにおけるサジ植栽密度は800～1200本/haであり、ここでは1000本/haで試算

区分	年間平均生産量/本	ha当たり年間収入見込
新鮮果実 (植栽5年目～20年目)	12kg/本	12,240USD
オリジナルジュース	7.2ℓ/本	42,120USD
果実オイル	0.18ℓ/本	1,5809USD
果実絞り粕お茶	1.5kg/本	10,500USD

表中のデータは現地サジ生産農家及び加工経営者のヒヤリングによる
モンゴル1人当たり名目GDP：4,187USD (2020年) 出典：外務省ホームページ

明日と未来 アジア航測株式会社

20

6.5 サジ栽培経営が地域経済への貢献度の一例

10haサジ園の臨時雇用創出：

植付け：63人・日（初年度のみ）

除草等保育：350人・日/年間（経営期間中）

果実収穫：4,150人・日/年間（植栽5年目～20年目）

日雇い労働者賃金：17USD/人・日（2022年実績）

【この事例はオブス県オランゴム郡のサジ園経営者エフバット氏のヒヤリングによる】

明日と未来 アジア航測株式会社

21

これまでのまとめ

- UAV測量技術は、乾燥地での森づくりに有効な低木林の地上バイオマス及び炭素ストック推定において、省力化・効率化につながる手法として期待できるが、地域や樹種特性に即したバイオマス推定式の改良の必要性が示唆された。
- 近年、サジからとれる果物にモンゴルの国内企業が着目し、飲料やスキンケア等の様々な商品開発が行われており、これらの商品は市場で人気が高まっている。政府も牧畜民の現金収入源として、サジの植林を推奨している。

明日と未来 アジア航測株式会社

22

参考資料

明日と未来 アジア航測株式会社

23

モンゴルの森林・植林状況

- 国土面積：156.5百万ha（約80%が放牧地として利用されている）
- 森林面積：1,868万ha（2020年）、国土面積の11.9%
 - 立木地面積：1,261万ha
 - 低木林面積：75.97万ha
 - 人工林面積：0.797万ha
- 砂漠化進行の影響を受けている土地面積割合：76.9%
- 砂漠化の起因：
 - 気候変動影響（自然要因）51%
 - 過放牧・無秩序開拓（人為的な要因）49%
- 近年植林実績：
 - 2015年10,700ha
 - 2019年25,800ha

出典：モンゴル環境・観光省
森林政策・規制部/森林資源利用部

明日と未来 アジア航測株式会社

24

サジの天然資源

県	天然林分布地 箇所数	最小～最大林分 面積	県内 合計面積
ボルガン県	2	72.5～37.0	309.5
ゴビアルタイ県	1	53.3	53.3
ザブハン県	11	7.9～209.9	4575.9
セレンゲ県	6	17～1162.5	2216.0
オブス県	6	161.1～1861.9	5183.7
ホブド県	32	2.4～1045.6	1171.8
バイヤウルギー県	6	10.6～634.1	857.5

● サジ天然分布エリア



全国計：14,358.5ha

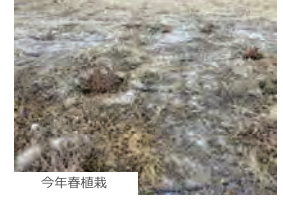
アジア航測株式会社
ASA FOR SURVEY CO., LTD.

25

サジの人工栽培の現場



挿し木苗作り



今年春植栽



植栽12～13年目



植栽10年目

26

サジ園造成・経営コスト

区分	内訳	単価	備考
基盤整備	保護柵設置	120USD/ha	
	ポンプアップ井戸	11,670USD/基 5,835USD/基	10ha以上用 5ha以下用
	自動散水システム	1,200USD/ha	
植栽	苗木	1.02USD/本	
	植付け	0.40USD/本	
保育・管理	除草・薬剤散布	510USD/ha	
	日常管理	1,575USD/ha	5ha以下同じ
果実収穫	採集	0.40USD/kg	
	選別（異物除去）	0.05USD/kg	

明日を共に

アジア航測株式会社
ASA FOR SURVEY CO., LTD.

27