

GIS 環境情報を用いた北海道内におけるヤナギ栽培可能性の評価

森林総合研究所北海道支所 伊藤江利子・高橋正義・松井哲哉・古家直行・上村章・宇都木玄

はじめに

2007年2月にバイオマス・ニッポン総合戦略会議が取りまとめた「国産バイオ燃料の生産拡大工程表」に基づき、2008年3月にバイオ燃料技術革新評議会より「バイオ燃料技術革新計画」が策定された。その中で温帯地方の木質系バイオマス候補として選定されたヤナギは北海道における燃料資源作物として有望視されており、森林総合研究所と北海道下川町は2007年より優良クローンの選抜、栽培システムの確立、低コスト有効利用技術の開発を目指した共同研究を行っている(5)。

ヤナギバイオマスを持続的にバイオ燃料として利活用していくためには、その生産・収集・変換・利用等の各段階を有機的につなげ、地域全体として経済性がある利用システムを構築する必要がある。ヤナギの安定供給システムおよび地域利用システムのいずれの構築においても栽培可能面積の把握は不可欠である。そこで本研究では道内におけるヤナギ栽培可能性を評価する試みとして、GIS環境情報を用いて道内のヤナギ栽培可能面積を試算することを目的とした。

方法

北海道内のヤナギ栽培可能性を評価するにあたって、ヤナギ植栽可能性とヤナギ生育可能性の両指標について検討した。

ヤナギ植栽可能性として、土地利用形態をヤナギ栽培適性の観点から評価づけを行った。評価項目として土地活用、機械利用、施肥、水分条件の4項目について検討した。自然環境情報GIS(環境省・H11)と20万分の1土地保全基本調査における自然保護関連区域のGISデータ(国土交通省国土調査課)を利用して各土地利用形態の道内面積を集計した。

ヤナギ生育可能性として、ヤナギ分布確率とヤナギ優占率を用いて、土壤分類群を評価した。

各土壤分類群におけるヤナギ分布確率の算出には北海道ヤナギ分布データ(北海道立総合研究機構環境・地質研究本部環境科学研究センター提供)を用いた。これは2次メッシュ内(約10km四方)におけるオノエヤナギ(*Salix sachalinensis*)・エゾノキヌヤナギ(*Salix pet-susu*)の有無を記録したデータであり、ヤナギ有りとされたメッシュでもメッシュ内のどの土壤分類群にヤナギが生育しているかは分からない。そのため名義ロジスティック回帰分析を適用し、その面積比率が増加するとヤナギの存在可能性が増加(減少)するような土壤分類群を探索した。名義ロジスティック解析分析では、2次メッシュ内の土壤分類面積%を説明変数、ヤナギの有無を目的変数とし、

算出した単位オッズ比を各土壤分類の評価指標とした。単位オッズ比は各土壤分類が1%増加したときのオッズ比 $[p/(1-p)]$ 、 p =ヤナギ存在確率が何倍になるかを示す数値である。単位オッズ比が1より大きい(小さい)とき、当該土壤分類群が増加するとヤナギ分布確率が増加(減少)することを示す。単位オッズ比が1に等しいとき、当該土壤分類群はヤナギ分布確率に影響しないことを意味する。

ヤナギ優占率の算出には自然環境情報GIS(環境省・H11)と土地分類基本調査20万分の1土地分類基本調査010土壤分類(国土交通省国土調査課)を用いた。各土壤分類群別のヤナギ優占率は各土壤分類群内のヤナギ群落(ヤナギ高木群落並びにヤナギ低木群落)面積を当該土壤分類群内の総面積で除して求めた。この手法で算出されるヤナギ優占率は、ヤナギの生育可能性に加えて人為利用圧や他樹種との競争の影響の結果も反映されている。従って排他的な栽培条件下では高成長となる土壤分類群のヤナギ優占率は低くなると考えられる。この意味でヤナギ優占率はヤナギ生育可能性指標としては過小評価となる傾向がある。

土壤分類群のヤナギ生育可能性として、ヤナギ分布確率とヤナギ優占率を併せて検討するため、ヤナギ分布確率(名義ロジスティック回帰分析における単位オッズ比)とヤナギ優占率を予測変数とするクラスター分析(Ward法)でヤナギ生育可能性が高いと考えられる土壤分類群を抽出し、それらを4クラスに分類した。

土地分類基本調査20万分の1土地分類基本調査010土壤分類(国土交通省国土調査課)、自然環境情報GIS(環境省・H11)および20万分の1土地保全基本調査における自然保護関連区域のGISデータ(国土交通省国土調査課)を組み合わせて、ヤナギ植栽可能性・生育可能性別の道内土壤分類群面積を集計した。

名義ロジスティック解析分析とクラスター分析にはJMP ver.9.0(SAS Institute Inc.)、GIS解析にはArcGIS ver.10.0(ESRI)を用いた。

結果と考察

土地利用別のヤナギ植栽可能性の評価を表1に、道内の土地利用分布を図1に示す。耕作放棄地・雑草群落や伐跡群落は土地活用の点でヤナギ植栽に非常に好適と考えられる。耕作放棄地・雑草群落における機械利用可能性が高いのに比較すると、伐跡群落における機械利用可能性は傾斜と林道に依存するため、前者のヤナギ植栽適性をA、後者の適性をBと判断した。農業用地である牧草地、水田、畑地は、土地活用の点で前述の耕作放棄地・

雑草群落、伐跡群落に劣ることは否めないため、植栽適性の上限をBとした。農業用地3種を細分すると、牧草地は畜産糞尿の利用が可能ことから施肥の点で利があり、水田は水分条件が好適だと考えられるため、植栽適性をBと判断する一方で、畑地にはそのようなヤナギ植栽に適した要素に乏しいため、植栽適性をCと判断した。自然植生は評価4項目すべてについてヤナギ植栽に適した要素が認められず、植栽適性をDと判断した。また、道内面積の約20%を占める各種自然保護区は植栽不可能なため植栽適性をEとした。

ロジスティック回帰モデルでヤナギ分布の有無に対して有意確率 $p < 0.05$ で影響が認められた土壤分類群を表2に、ロジスティック回帰モデルにおける単位オッズ比で指標したヤナギ分布確率による生育可能性の広域評価図を図2に示す。日高山脈および苫小牧周辺を除くと、高い生育可能性が予測された土壤分類群が大面積で分布する傾向は認められなかった。これは水による生成作用との関わりで特徴付けられ、そのために地形に依存した局所的な分布を示す土壤分類群に生育可能性が高いものが多いためである。一般的なヤナギの生育適地と考えられる河畔から離れた暗色系褐色森林土-ポドゾル化土壤や褐色森林土Iが抽出されたのは、河畔のみならず丘陵や山腹にも生育可能とされるオノエヤナギ・エゾノキヌヤナギ(4)の分布データを用いたためと考えられる。

他方、広域分布を特徴とする火山性母材の土壤においては生育可能性との関連は粗粒火山抛出物未熟土壤を除いて認められなかった。火山性母材の黒ボク土は腐植には富むものの、通気性・排水性が不良、リンの吸着、病害菌の生育に適するなどの理由でヤナギの生育には不適とされる(4)。この知見からは火山性母材の土壤でヤナギ分布確率が低い(単位オッズ比 < 1) 結果が予想されるがそのような傾向は認められなかった。これは火山性母材の土壤がその広域性により様々な地形を包含するために、土壤分類群の特徴が不明瞭になることを示唆している。なお、ポドゾル化土壤-高山性岩屑土壤の分布によって高いヤナギ生育可能性が広域で認められた日高山脈は大部分が自然保護地域に該当するためヤナギの栽培可能性は小さい。

土壤分類群ごとのヤナギ優占率を表3に示し、ヤナギ優占率による生育可能性の広域評価図を図3に示す。砂礫地、褐色低地土壤、灰色低地土壤などヤナギ分布確率と共通して抽出された土壤分類群がある一方で、片方の指標でのみ抽出された土壤分類群も多かった。

ヤナギ分布確率とヤナギ優占率を予測変数とするクラスター分析によりヤナギ生育可能性があると考えられる土壤分類群を抽出し、以下の4クラスに分類した(表1、図4)。Class1はヤナギ分布確率とヤナギ優占率の双方で極めて高い値を示したクラスで砂礫地が該当する。Class2はヤナギ分布確率とヤナギ優占率の双方で高い値を示したクラスでグライ土壤、灰色低地土壤、褐色低地土壤の3種が該当する。Class3はヤナギ分布確率では有意な効果($p < 0.05$)が認められなかったもののヤナギ優占率で高い値を示したクラスである。Class4はヤナギ分布確率では有意にヤナギ分布可能性が高まる傾向が認められ

表-1 土地利用別ヤナギ植栽可能性の評価

植栽適性	土地利用	土地活用	機械利用	施肥	水分条件
A	耕作放棄地・雑草群落	◎	○	△	△
B	伐跡群落	◎	△	△	△
B	牧草地	△	○	○	△
B	水田	△	○	△	○
C	畑地	△	○	△	△
D	自然植生	△	△	△	△
E	自然保護区	×	×	×	×

表-2 ロジスティック回帰モデルにおいてヤナギ分布に対して有意($p < 0.05$)な影響が認められた土壤分類群の有意確率と単位オッズ比

土壤分類	有意確率	単位オッズ比
褐色低地土壤	0.0002	1.09
粗粒火山抛出物未熟土壤	0.0006	1.04
低位泥炭土壤	0.0012	1.06
砂礫地など	0.0018	1.24
岩屑土壤-岩石地	0.0088	1.05
暗色系褐色森林土-ポドゾル化土壤	0.0106	1.02
灰色低地土壤	0.0157	1.09
ポドゾル化土壤-高山性岩屑土壤	0.0237	1.05
グライ土壤	0.0261	1.16
褐色森林土I	0.0396	1.05

表-3 土壤分類群ごとのヤナギ優占率(上位14種を示す)

土壤分類群	ヤナギ優占率
砂礫地など	0.117
褐色低地土壤	0.029
粗粒褐色低地土壤	0.027
細粒グライ土壤	0.018
灰色低地土壤	0.017
岩屑土壤-岩石地	0.014
褐色森林土III	0.014
細粒灰色低地土壤	0.014
淡色黒ボク土壤	0.014
粗粒灰色低地土壤	0.011
高位泥炭土壤	0.009
湿性粗粒火山抛出物未熟土壤	0.008
グライ土壤	0.007
湿性黒ボク土壤b(ローム質黒ボク土)	0.007

たものの、ヤナギ優占率ではそれほど高い値を示さなかったクラスである。クラスの数字が小さいほど、ヤナギ生育可能性が高いと考えられる。

ヤナギの生長と土壤の関係に関して、ヤナギ植栽に際する適切な客土について以下のように述べられている。『泥炭地(有機質土)における鈣質土の客土、粘土地における砂土の客土はいずれも土壤の理化学性の改良に役立つ。粗礫地への火山灰土の搬入も効果がある。通気性・透水性が高まり、土壤微生物群を殖やし、根張りが良好になる(4)』本研究で得られたヤナギ生育可能性が高い土壤分類群は、通気性・透水性に代表される土壤理化学性を重視した既往の知見と親和的である。ただし、『黒ボク土に住む病原菌によりサシ穂が腐朽する。黒ボク土は腐植質火山灰であり腐植に富んでいるが通気性・排水性が不

良で、リンを吸着して、病原菌の巣にもなる(4)』としてヤナギ栽培には不適とされる黒ボク土の一種である淡色黒ボク土壌がクラス3に含まれる点は生育適性の再確認が必要であろう。

ヤナギ植栽可能性とヤナギ生育可能性を組み合わせる道内のヤナギ栽培可能面積を試算した結果を表4に示す。ヤナギ栽培では乾燥重量で10 t ha⁻¹ year⁻¹の収量が目標とされる(5)。含水率10%の木質ペレット1 kgから生じる熱量を灯油に換算すると0.45 Lとなる(木質ペレット:3920 kcal kg⁻¹, 灯油:10570 kcal kg⁻¹, 比重0.82として換算(2))。従って、収量目標が達成された場合の1 km²あたりのヤナギ植栽で得られるバイオマス熱量は灯油に換算すると45万Lと試算される。北海道における家庭用灯油の世帯当たり年間使用量は平均1734L(2006年)と報告されており(3), 1 km²あたりのヤナギ植栽で得られる熱量は250世帯分の灯油消費熱量に等しいと言える。植栽可能性が高い耕作放棄地・雑草群落や伐跡群落は面積の点で実用的とは言いがたく、農業用地をヤナギ栽培対象地として考える必要がある。

木質バイオマス生産を北海道地域においてより現実的なものとするためには、ヤナギ栽培可能性に加えて、採算性を指標に取り入れ、バイオマスヤナギ資源利用可能性の評価を行っていく必要がある。その際には、ヤナギ生産性に関与する要件として、機械導入効率、獣虫害リスク、施肥必要量、水分条件などをコストの観点から検討するとともに、運搬距離、加工コスト、競合エネルギー価格などの指標からバイオマス資源としての採算性を検討する必要がある。一連の検討は市町村単位等のより詳細なスケールで行うのが適切である。例えば、ヤナギ

生産量は施肥量に大きく左右されるが、施肥コストは事業の採算性にも直結する(5)。効率的な施肥の実施のために地帯・土地区分ごとの施肥指針(7)を利用することは有効であると思われる。

謝辞

北海道立総合研究機構 環境・地質研究本部 環境科学研究センターには北海道ヤナギ分布データを提供いただいた。深く感謝申し上げます。

引用文献

- (1)北海道農政部(2010), 北海道施肥ガイド2010. 農林水産省ホームページ, http://www.agri.hro.or.jp/chuo/fukuyu/sehiguide2010_index.html
- (2)岩手県林業技術センター(2008), 木質バイオマスエネルギーの熱量単価(平成20年3月). 林業技術情報, No. 40. <http://www.pref.iwate.jp/~hp1017/kenkyu/naibu/ijutsu/40.pdf>
- (3)経済産業省北海道経済産業局(2009), グラフで見る石油2009. http://www.hkd.meti.go.jp/hokno/graph_oil2009/sekiyu09.pdf
- (4)斎藤新一郎(2001), ヤナギ類 その見分け方と使い方. 北海道治山協会, 北海道, 144pp.
- (5)森林総合研究所北海道支所(2011), ヤナギ畑からの利用—木質バイオマス資源作物の可能性—, 森林総合研究所交付金プロジェクト「ヤナギ超短伐期栽培による新たな木質バイオマス資源の作出」パンフレット, ISBN 978-4-902606-97-3

表-4 ヤナギ植栽可能性・生育可能性別 土壤分類群道内分布面積 (単位 km²)

生育可能性	植栽可能性 土壤分類 / 土地分類	A	B	B	B	C	D	E	総計	保護区以外
		耕作放棄地・雑草群落	伐跡群落	牧草地	水田	畑地	自然植生	保護区		
Class 1	砂礫地など	3	3	63	33	73	211	6	392	386
Class 2	グライ土壌	4	3	48	83	59	128	1	327	326
	灰色低地土壌	10	7	138	173	225	325	26	905	879
	褐色低地土壌	24	18	352	361	488	900	19	2163	2144
Class 3	細粒グライ土壌	13	4	123	320	111	193	12	777	765
	細粒灰色低地土壌	12	8	180	262	203	331	5	1001	996
	粗粒灰色低地土壌	5	8	72	65	69	205	26	451	425
	褐色森林土III	0	27	13	1	3	546	101	691	591
	粗粒褐色低地土壌	19	32	411	208	601	1292	80	2642	2562
	淡色黒ボク土壌	0	5	105	2	50	157	1	321	320
Class 4	ポドゾル化土壌—高山性岩屑土壌	0	5	0	0	0	153	782	940	158
	暗色系褐色森林土—ポドゾル化土壌	0	72	0	0	2	1763	2208	4044	1837
	褐色森林土I	0	17	6	1	4	694	34	755	722
	岩屑土壌—岩石地	5	5	5	2	10	247	789	1063	274
	低位泥炭土壌	35	16	487	294	278	545	617	2272	1655
	粗粒火山抛出力未熟土壌	9	55	220	39	227	1255	848	2653	1805

注：クラスター分析で生育可能性が高いと予想された土壤分類群のみを示す

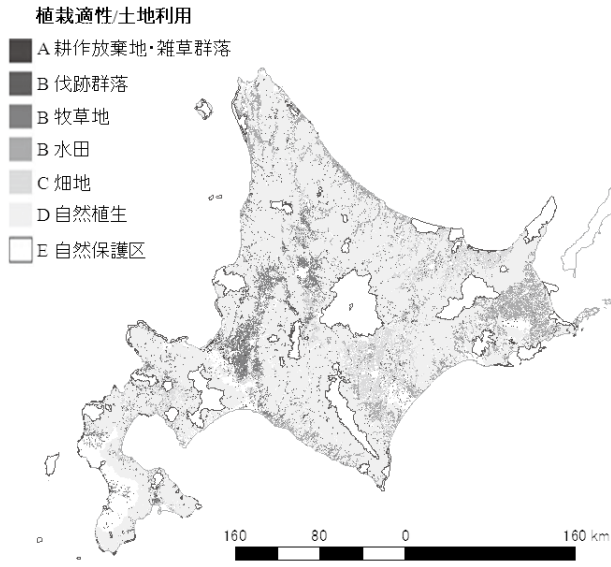


図-1 土地利用に基づくヤナギ植栽適性分布図

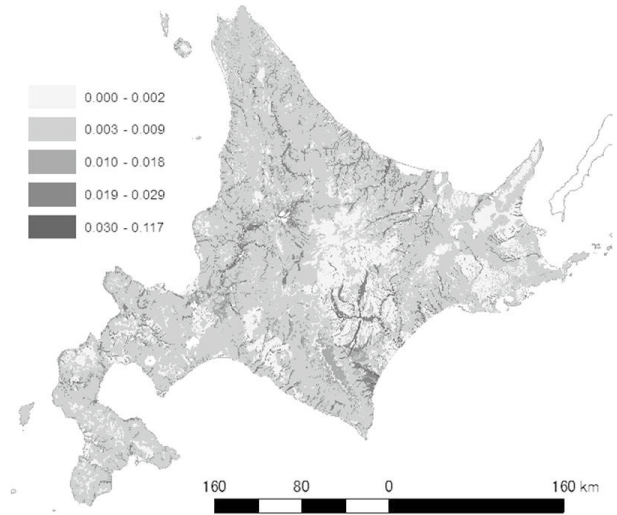


図-3 ヤナギ優占率による生育可能性の広域評価図

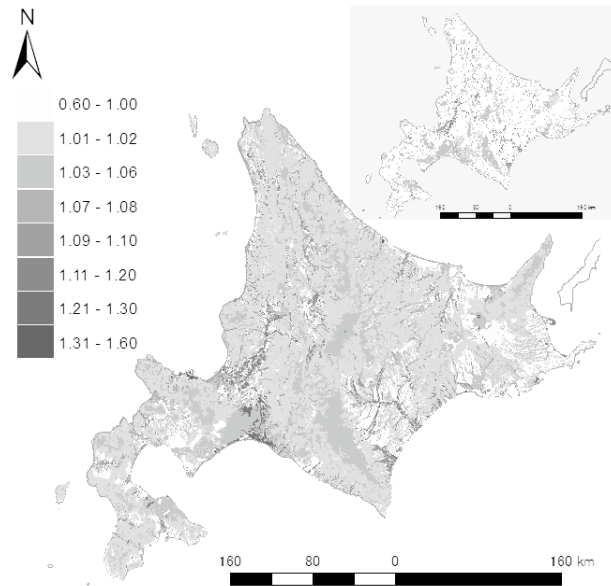


図-2 ヤナギ分布確率によるヤナギ生育可能性分布図
(右上はロジスティック回帰モデルで有意変数となった土壌分類群のみを抽出した図)

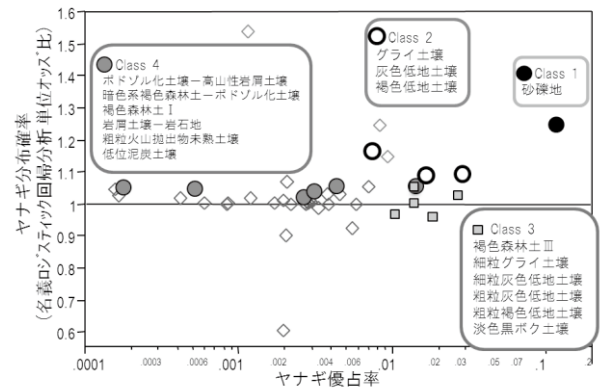


図-4 ヤナギ分布確率とヤナギ優占率による土壌分類群クラスター分類の結果
(円形シンボルは名義ロジスティック回帰分析で有意な説明変数($p < 0.05$)とされた土壌分類)