

「白旗山」の皆伐・再造林は本当にカーボンニュートラルになるのか

～森林におけるCO₂吸収源対策の危うい実態～

札幌市は、2023年度に「白旗山都市環境林」の25林班8小班（18.5ha、カラマツ71年生、以下、「25-8」）において、「森林環境譲与税」を使って伐採業者と「白旗山都市環境林森林整備業務」なる皆伐事業を800万円（税抜き）で随意契約した。もちろんこの契約は立木販売ではないので伐採、山土場までの集材、造材、はい積み、計測、集計までの請負契約である。

その業務設計書の仕様には道の水産林務部等が公表している仕様書に準じた一般的なものが記載され、白旗山の特性に基づいたものとはなっていない。したがって、「白旗山都市環境林」がこれまで40年間積み上げてきた「皆伐を避け、カラマツの長伐期化や択伐を進め、エゾマツ・トドマツや広葉樹など郷土樹種による針広混交林に変えていく」という森づくりは一切考慮されていない。仕様書にある「皆伐（小規模）2ha」なる表現の根拠が、ただ、大面積皆伐に対する批判をかわすだけのものになっており、皆伐箇所は、2023年4月に改定されたばかりの「札幌市森林整備計画」で、この森林の取り扱い区分を「保健・文化機能等維持林」から「木材等生産林」に変えた際の理由「効率的な施業が可能な、勾配が緩く、路網の整備が進んだ人工林」の言葉通り、もっぱら伐り出しやすいところを狙って幹線林道ぎわを選定している。

札幌市は、なぜ、「白旗山都市環境林」において、このような皆伐を行うのか。

札幌市長は、「札幌の自然を守る会」の“皆伐による森林破壊の中止を求める申し入れ”やそれに関する“再質問”に対し、2024年1月18日及び2月19日付けの回答で、「ゼロカーボンの実現等に向け」、「適正な整備を通じて、大気中のCO₂を吸収し、木材として利用した場合は長期間にわたって炭素を固定することができ、また再造林を行うことで吸収されるCO₂が再び増加することにより、ゼロカーボンの実現に貢献するものと考えます」と答えており、その根拠をただすと「白旗山都市環境林において、個別にCO₂の吸収・固定・排出量の試算は行っておりません」と述べ、“それに答えるのは市の仕事ではない。国の方針だからそれに従うのは当たり前”と言わんばかりの回答であった。

「白旗山都市環境林」において、こうした皆伐・再造林といった手法を用いて、果たして札幌市長が言うようなゼロカーボン実現へ向けた役割を果たし得るのだろうか。

もし、これが不可能な計画であれば、この無定見な行政執行によって市民の貴重な財産が毀損されることは到底許されるものではない。

以下で検証してみることにしよう。

1. 皆伐対象の林分（25 - 8）の林況は？

「白旗山都市環境林」は、札幌市清田区の有明地区に広がる市が保有する唯一のまとまった森林で、現在、台帳面積 1061ha、その他林内には国有未開地（一体的管理）100 ha前後あり、距離スキークース（施業適用除外）が 20 haほどある。

この森林は、厚別川と支流の山部川に挟まれた南北 4 km、東西 3 km の矩形の丘陵緩斜地で、中央部に白旗山（321m）、札幌台（291m）の 2 峰があり、これが分水嶺になって四方に小峰を走らせている（図-1）。

森林の林種構成は、人工林 900ha、天然生林 174ha で人工林率は 84%、カラマツ人工林が全体の 72% を占める。うち林齢 60 年を超えるものが 50% を上回っている。

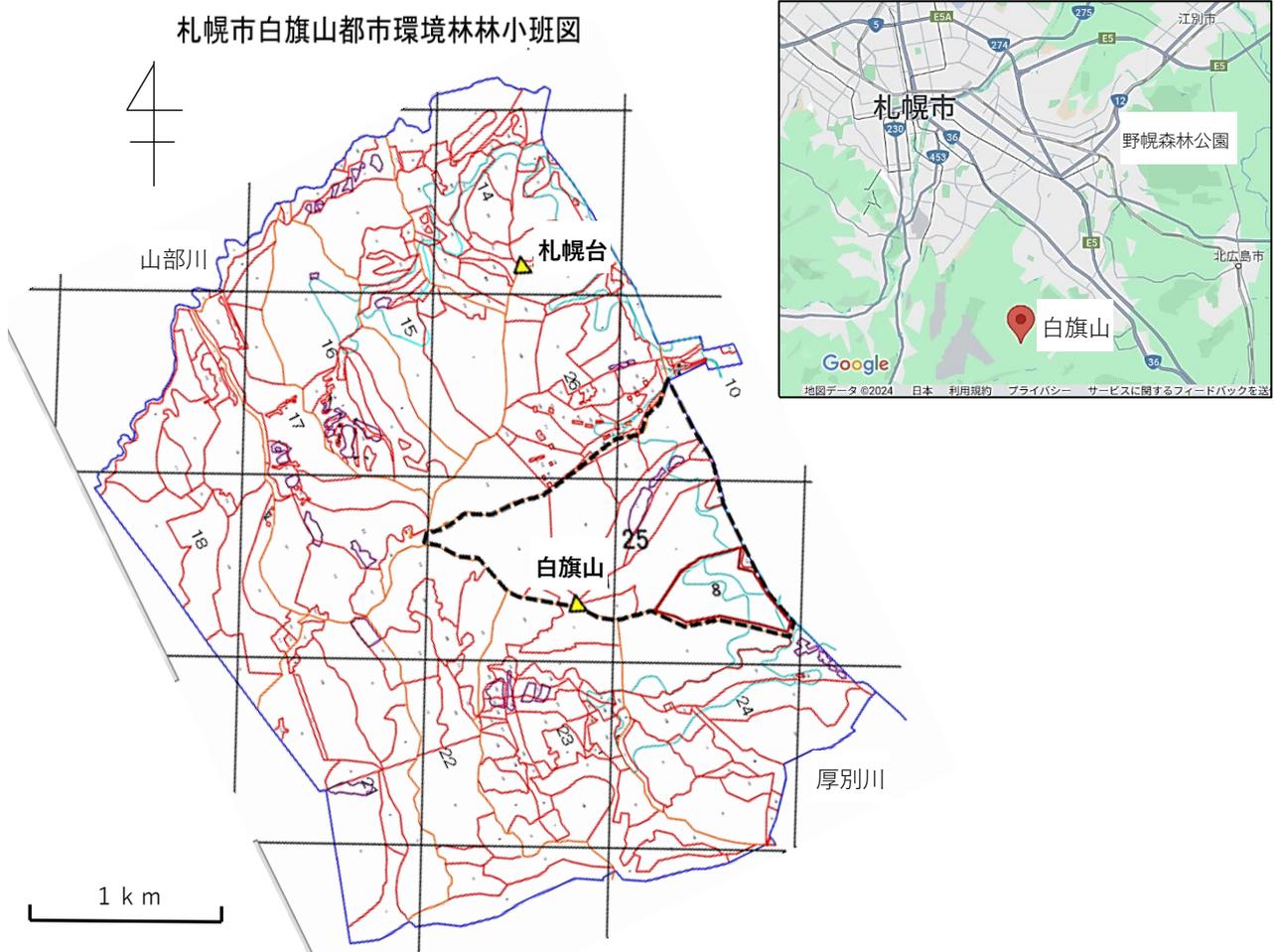


図-1 白旗山都市環境林位置図

（以下関連資料：札幌市）

したがって、現在、60 年以下の林分では間伐整備を続ける一方、残りの林分では択伐を進める段階にあり、そこでは既存の、あるいは空隙に侵入してくる天然広葉樹の立木本数が造林木本数を超え、樹高、胸高直径ともに幼木の域を脱しているだろう。また、択伐後のギャップにはトドマツ、エゾマツなどの樹下植栽を施し、カラマツがほぼ収穫を終える 80 年過ぎには ha 当たり 500 本を

超えているはずである。

しかし、実態は必ずしも予定通りいかないのが普通である。確かに行政側から択伐が行われたという情報は一向に耳にしない。おそらく、財源的な事情があることに加え、これまでの「白旗山都市環境林」において目指されてきた森林整備の考え方が、行政内部で共有されてこなかったからではないか。

こうした森林の取り扱い方に対する問題は、後述することとして、2022年度から、突然始まった皆伐の請負事業、それに続いて2023年度に前記の理由を掲げて行われた25-8林分における皆伐、これらによって、果たして目的通りCO₂削減の成果が得られるのかを検証してみたい。

そこで分析に当たってまず「白旗山都市環境林」の森林概況を図-2、3で示そう。

図-2 白旗山都市環境林の樹種別森林面積

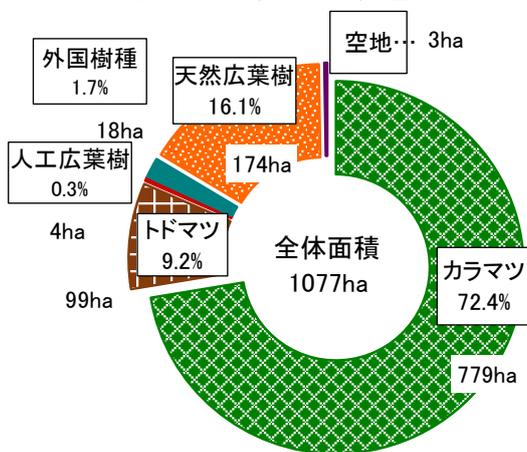


図-3 カラマツ林齢級構成



次に25-8の林況を過去15年間(1991~2006年)に亘り3度行われた3カ所の標準地調査をもとに図-4と表-1, 2で示す。

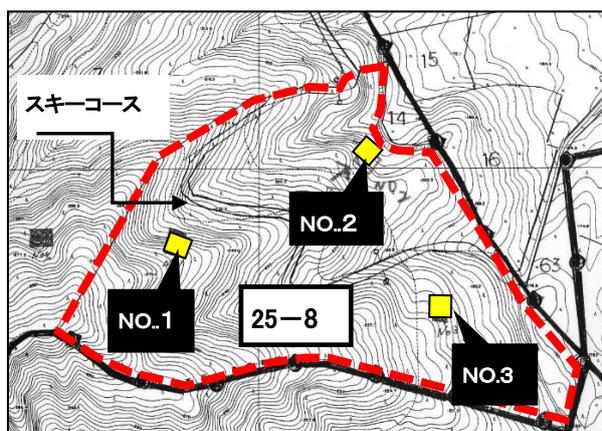


図-4 25林班8小班の標準地調査位置図

面積 (ha)	20.4 → 18.45	(スキーコース設置により)
樹種	カラマツ	
植栽年	1953	植栽本数 3,000本/ha
地質	軽石流堆積物 沖積世砂礫粘土	
土壌	くろぼく土 褐色森林土	
傾斜面	東向き ~15度	

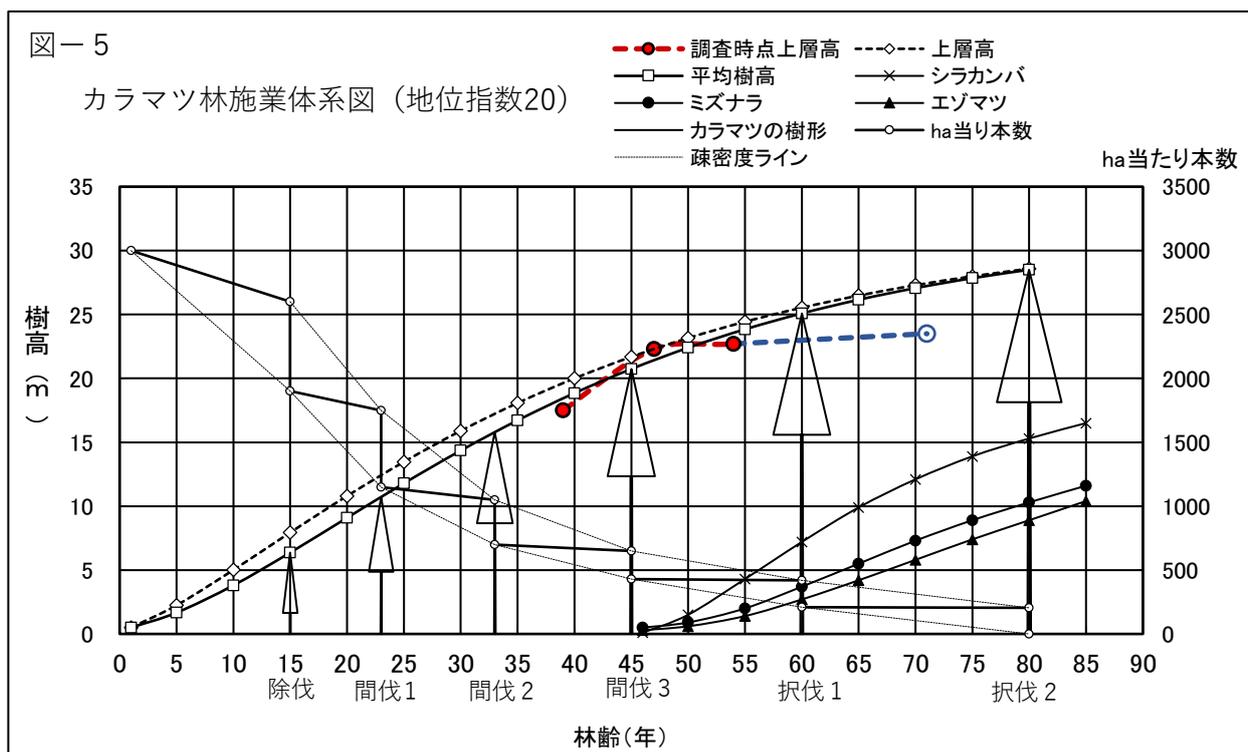
表-1 25林班8小班の林況

林齢(年)	標準地(0.1ha) 調査結果			平均	地位指数20 (想定数)	広葉樹	エゾ・トド 樹下植
	25-08-01	25-08-02	25-08-03				
39	640	490	550	560			
47	640	460	550	550		310	
54	610	440	550	533	512	370	
(推定)71					300	500	500
(択伐なし)〃				500		500	

林齢(年)	標準地(0.1ha) 調査結果			平均	地位指数20 (想定数)	広葉樹	エゾ・トド 樹下植
	25-08-01	25-08-02	25-08-03				
39	179	215	196	197			
47	248	313	338	300			
54	274	332	378	328	320	2	
(推定)71					240	22	10
(択伐なし)〃				370		22	

表-2 25林班8小班の標準地調査の結果

また、この林分の調査結果を「白旗山都市環境林」独自の施業体系に当てはめてみれば、地位指数20(40年生樹高20m、中位、いわゆるⅡ等地)で、造林木(カラマツ)の立木本数500本/ha程度、広葉樹も300本/haで、図-5のとおり、ほぼ適合しており、この時点では順調に間伐を終えている林分といえる。したがってあとは最終的な間伐を行うか、適宜、単木択伐や場合によっては群状択伐を実施し、既存の広葉樹はもちろん、孔状地に侵入してくる稚樹やエゾマツ・トドマツなどを植栽して混交林に誘導すればよい林分である(なお、以後、2023年までの15年間の施業実績は不明)。



の収支と累計を 100 年に亘り炭素量換算したもののだが、仮に林齢 50 年で皆伐した林分を 70 年で伐採したならば、赤の破線のごとく炭素ストックは増加しているはずで失われる炭素も多くなる。したがって、皆伐から 50 年後に 91.6ton-C/ha のマイナスはさらに多くなることが考えられる。もちろんここでは植栽に伴う育苗から、地拵え、下刈り、間伐など育林にかかる排出や利用間伐などの蓄積要因も加わらないといけないのであるが、いくら長い年月をかけた木材でも、1000 年持つ建築材の使用ならともかく、伐採したら木材による炭素の閉じ込めは、せいぜい 50 年がいいところである。したがって、皆伐してしまうと高蓄積の炭素であっても CO_2 となって、伐採後林地の根など地下部のバイオマスや土壌有機物及び残存枝葉とともに、ほぼ確実に 50 年以内に大気中に拡散してしまう。

これに対し、日本政府をはじめ国際機関は、“この CO_2 を 50 年かけて造林木が吸収するからプラス、マイナス、ゼロになる。これがカーボンニュートラルだ。しかも炭素が燃やされる時のエネルギーが化石燃料の代替になる。だから、大いに皆伐・再生林を進め、ゼロカーボンの実現が可能なのだ”とお墨付きを与える。そして、図-8 のような“気候変動に関する政府間パネル (IPCC)

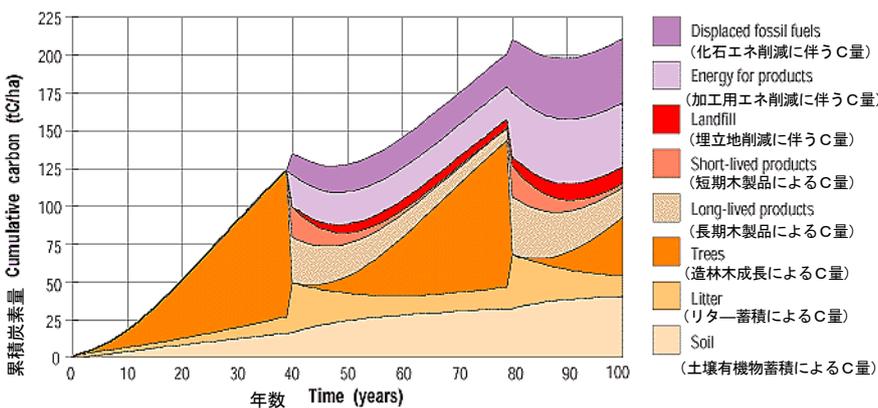


図-8 新植、皆伐、再生林に応じた炭素貯留量と化石エネルギー削減に伴う経年変化のモデル図
TAR Climate Change 2001: Mitigation Report Working Group III (IPCC 2001 年の TAR 気候変動: 緩和 報告)

”2001 年報告にあるグラフを示して皆伐・再生林を繰り返す度に吸収・貯蔵される炭素が増え、 CO_2 の削減が実現されると説明する。

このグラフから読み取れるところは、伐採から 10 年後、一時、炭素の貯蔵量の落ち込みがみられるものの、伐採直前よりは下回らず、一定の木材蓄積とその使われ方が影響するとはいえ、先験的に“皆伐そのものが、長短の時間的制約を超えて CO_2 の削減をもたらす”といった定立を措定している。したがって、この説は、上の図-7 の大熊氏のグラフのようにマイナスをもたらす例からもうかがえるように、科学的な論理によるというより願望に近いイメージを表したものと見える。しかし、これが、今や日本の森林・林業行政の中核的政策として席卷しているのは紛れもない事実である。

この皆伐・再生林を「白旗山都市環境林」の 71 年生カラマツ林 25 - 8 に適用した場合、果たして本当にそうなるのか。次項で検証してみることにしよう。

(2) 分析の実際

炭素(C)もしくは二酸化炭素(CO_2)の吸収、貯蔵、排出の算定式及び媒介変数 (パラメータ、表-3 参照) で環境省をはじめ各省庁が統一的に設定しているものは次のとおりである。

◎算定の対象（森林のバイオマス）

森林における地上バイオマスと地下バイオマスにより吸収及び排出される炭素及び二酸化炭素の量。地上バイオマスは、地表面上にある幹、枝、樹皮、種子、葉など全ての生体バイオマスを対象とし、下層植生の割合が小さい場合には、それを無視する。地下バイオマスは、生きた根のバイオマスを対象とし、土壤有機物やリターとの分離が困難な細根（例えば、直径 2mm 以下）は排除する。なお、CO₂換算値は各式右辺に換算率（44/12）を乗ずる値。

算定式 2 時点における生体バイオマスプールの絶対量の差を算定する。

$$\Delta C_{LB} = \sum_k (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1)$$

ΔC_{LB} : 生体バイオマスの炭素ストック変化量 (t-C/yr)

t_1, t_2 : 炭素ストック量を調査した時点

C_{t_1} : 調査時点 t_1 における炭素ストック量 (t-C)

C_{t_2} : 調査時点 t_2 における炭素ストック量 (t-C)

k : 管理施業タイプ (k)

◎吸収量の推定

樹木の 1 年間に幹材積が増加した分 = 成長量 (立方メートル/年) と表-3 「樹種別のバイオマス拡大係数、地上部に対する地下部の比率、容積密度、炭素含有率」の係数を用いて、以下の計算式により、炭素 (二酸化炭素) の吸収量を推定する。

算定式 $C_j = [V_{g_j} \cdot D_j \cdot BEF_j] \cdot (1 + R_j) \cdot CF$

C_j : 1 年間の ha 当たり炭素吸収量 (t-C/yr)

V_g : 1 年間の ha 当たり材積成長量 (m³/ha)

D : 容積密度 (t-dm/m³)

BEF : バイオマス拡大係数 (無次元)

R : 地上部に対する地下部の比率 (無次元)

CF : 炭素含有率 (= 0.5[t-C/t-dm]) (但し、数値は表-3 を使用)

j : 樹種

◎貯蔵量の推定 (行政等は森林 (バイオマス、土壤等) の炭素貯蔵機能に対し、CO₂吸収の延長上にある有機物合成に係る「固定」という用語を使っている。これでは重要な「貯蔵」の機構と役割が埋没しかねない。それを払拭し明確化したい)

樹種別の材積 (立法メートル) と表-3 「樹種別のバイオマス拡大係数、地上部に対する地下部の比率、容積密度、炭素含有率」の係数を用いて、以下の計算式により、炭素 (二酸化炭素) の貯蔵量を推定する。

算定式 $CT_j = [VT_j \cdot D_j \cdot BEF_j] \cdot (1 + R_j) \cdot CF$

CT_j : ha 当たり炭素貯蔵量 (t-C/ha)

VT : ha 当たり材積量 (m³/ha)

D : 容積密度 (t-dm/m³)

BEF : バイオマス拡大係数 (無次元)

R : 地上部に対する地下部の比率 (無次元)

CF : 炭素含有率 (= 0.5[t-C/t-dm]) (但し、数値は表-3を使用)

j : 樹種

◎排出量の推定 (二酸化炭素換算で表示。バイオマスは上記算定式利用)

算定式 CO_2 排出量 = 活動量 × 排出係数

※バイオマス以外、既存のデータを使用

表-3 樹種別のバイオマス拡大係数、地上部に対する地下部の比率、容積密度、炭素含有率

		BEF(地上)		R	D	CF	
		20年生以下	20年生以上	地下比率	容積密度	炭素含有率	
人工林	針葉樹	スギ	1.57	1.23	0.25	0.314	0.51
		ヒノキ	1.55	1.24	0.26	0.407	
		マツ類	1.63	1.23	0.26	0.451	
		カラマツ	1.50	1.15	0.29	0.404	
		トドマツ	1.88	1.38	0.21	0.318	
		エゾマツ	2.18	1.48	0.23	0.357	
		アカエゾマツ	2.17	1.67	0.21	0.362	
		その他N	2.55	1.32	0.34	0.352	
	広葉樹	ナラ類	1.40	1.26	0.26	0.624	0.48
		ニレ	1.33	1.18	0.26	0.494	
		カツラ	1.33	1.18	0.26	0.454	
		ホオノキ	1.33	1.18	0.26	0.386	
		ハリギリ	1.33	1.18	0.26	0.398	
		カンバ類	1.31	1.20	0.26	0.468	
天然林	針葉樹	1.81	1.32	0.26	0.381	0.5	
	広葉樹	1.41	1.27	0.25	0.601		

資料:「北海道内の主な樹種の二酸化炭素吸収・固定量」北海道水産林務部森林計画課

表-4 計算項目及び手順

			炭素(C)貯蔵	炭素(CO ₂)排出		炭素(CO ₂)吸収		
			(+)	森林由来	作業等			
			(+)	(ー)		(+)		
皆伐	林業	伐採直前立木	カラマツ	○				
			広葉樹	○				
		丸太生産	準備・調査			○		
			伐採作業			○		
	山土場集積			○	○			
	根株・残滓枝葉	皆伐林地		○	○			
	木材産業	丸太運送		△		○		
		(各種)加工	製材工場等	△		○		
		(〃)製品製作	製品製造	△		○		
		(〃)組立・販売	運送・設置	△		○		
		消費	(〃)消費者使用		△			
			(〃)リサイクル	加工工場等	△		○	
	(〃)廃棄・焼却					○		
	再造林	林業	育苗・植栽			○	○	
育林					○	○		
利用間伐					○	○		
間伐材利用			丸太から廃棄まで	△		○		

※○は計上、△は一部残留

以上で計算のための枠組みが揃ったので、次に表-4の手順に従って以下計算を進める。

① 25-8における伐採前の ha 当たり炭素 (C) 貯蔵量

- ・カラマツ $370\text{m}^3 \times 0.404 \times 1.15 \times (1 + 0.29) \times 0.51 = 113.1 \text{ (t-C/ha)}$
 - ・広葉樹 $22 \text{ m}^3 \times 0.601 \times 1.41 \times (1 + 0.25) \times 0.5 = 11.7 \text{ (t-C/ha)}$
- 合計 124.8 (t-C/ha)

(二酸化炭素換算) $124.8 \times 44/12 = 457.6$ (+) 457.6 (t-CO₂/ha)

② 丸太生産にかかる一連の伐採作業の ha 当たり二酸化炭素 (CO₂) 排出量

- ・造材歩止りカラマツ 60%、広葉樹 40%により丸太材積 $370\text{m}^3 \times 0.6 + 22\text{m}^3 \times 0.4 = 230.8\text{m}^3$
- ・表-5「主伐・搬出(平均)」の 11.2 (kg-CO₂/m³) (広葉樹はカラマツ代用) により $230.8\text{m}^3 \times 11.2 \times 1/1000 = 2.6 \text{ (t-CO}_2\text{/ha)}$ (-) 2.6 (t-CO₂/ha)

表-5 カラマツ:丸太のCO₂排出量(kg-CO₂/m³)

プロセス	最小	平均	最大
育苗	0.2	0.2	0.4
地ごしらえ	0.1	0.1	0.2
下刈り	0.5	0.6	0.9
枝打ち・蔓切り	0.2	0.4	0.6
除伐	0.0	0.0	0.1
伐捨間伐	0.0	0.1	1.7
利用間伐	0.0	3.7	5.6
主伐・搬出	8.9	11.2	13.2
作業路開設	0.0	1.0	2.1
林内移動	0.0	0.1	0.2
通勤	0.8	2.6	3.9
諸材料	0.0	0.1	0.1
機械製造・修理	4.5	4.9	5.1
合計	20.6	25.1	27.2

資料:林野庁 木材利用課「木材利用推進・省エネ省CO₂実証業務報告書」

③ 25-8における皆伐後の ha 当たり二酸化炭素 (CO₂) 排出量 (計上分)

$124.8 \times 44/12 = 457.6$ (-) 457.6 (t-CO₂/ha)

④ 道産カラマツの原木用途は表-6及び図-9に示すとおりであり、そのうち製材用の用途は図-10のとおり。

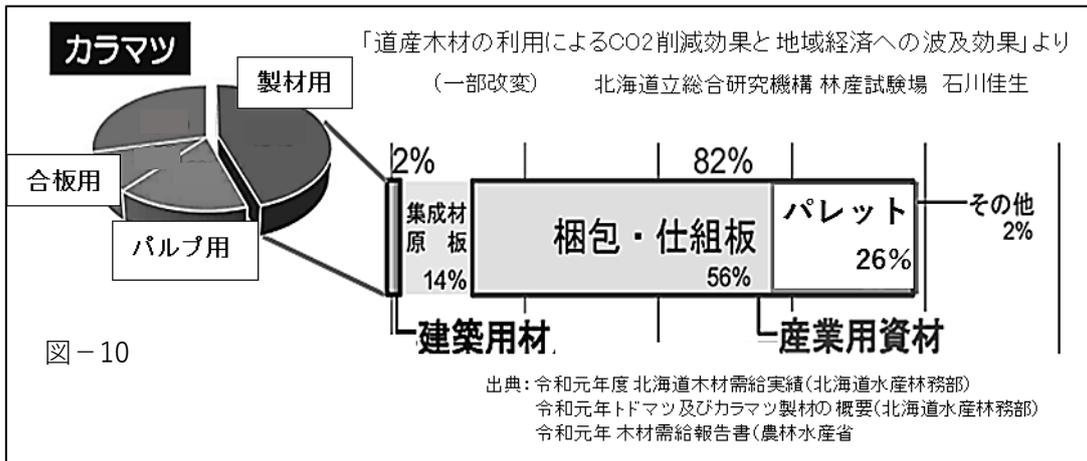
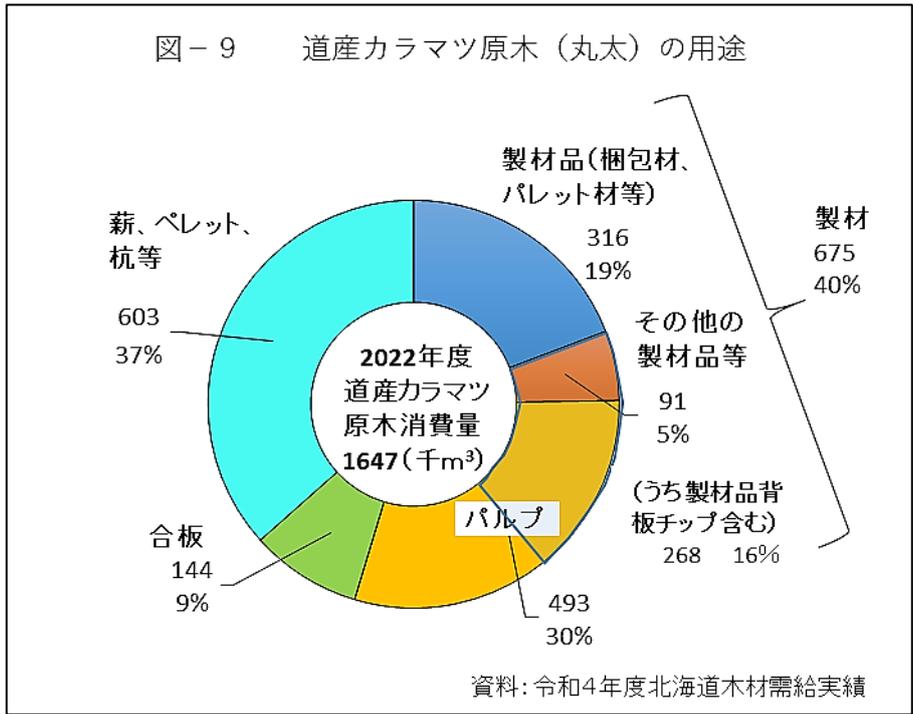
表-6 道産カラマツ原木消費量

	製材工場				木材チップ工場	合単板工場	その他用工場等	合計	
	675				225	144	603	1647	
2022年度	製材品	その他製材品等	パルプ		合板	薪、ペレット、杭等			
			493		144	603			
			背板チップ	パルプチップ					
	316	91	268	225	144	603	1647		

製材品: 梱包・仕組材、パレット材、ダンネージ、集成材用ラミナ、建築材、家具材等用

「その他用」とは: 製材、木材チップ、合板、単板工場以外の木材加工工場における原木消費量

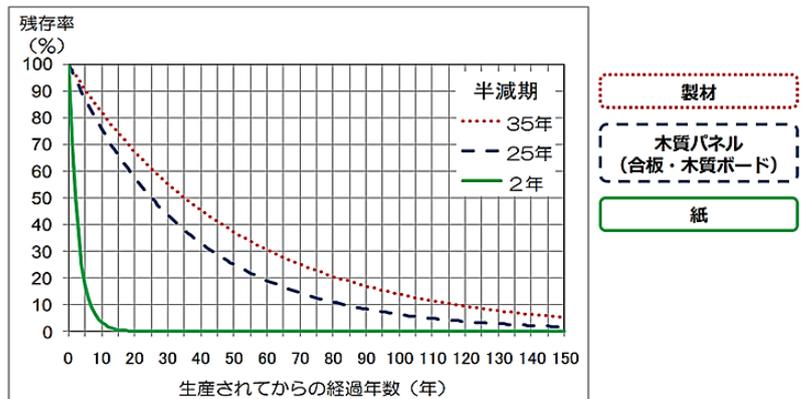
資料: 令和4年度北海道木材需給実績



以上の図表で分かることは、道内におけるカラマツ丸太の用途で、工場で製材用として挽かれたものは全体の40%、そのうち純粋に製材品となったものは全体の24%で、残りの16%は背板などパルプ用としてチップに加工される。製材品は図-10にあるとおり、建築用は全体の $24 \times 0.02 = 0.5\%$ で極めて少ない。集成材は $24 \times 0.14 = 3.4\%$ 、梱包・仕組板は $24 \times 0.56 = 13.4\%$ 、パレットは $24 \times 0.26 = 6.2\%$ 、その他 0.5%である。なお、広葉樹は薪等として計算。

これらを25-8のha当たりのカラマツ丸太材積及び広葉樹材積

図-11 建築用以外の木材製品の寿命



出典: 林野庁森林整備部森林利用課

に割り振り、それぞれの木材産業に応じた製品等の半減期年数（図-11にあるように半減期の年数を持って排出終了とみなす）及び耐用年数（カラマツ材特有の使用を前提に建築用材は35年とした）を示し、二酸化炭素（CO₂）の排出量を表したのが表-7である。

		カラマツ丸太 1単位当たり%	25-8のha当たり 使用丸太材積m ³	半減期・ 耐用(年)	製造・流通過程 CO ₂ 排出(kg-CO ₂ e/m ³)	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /ha)
製材用	建築用材	0.5	1.1	35	174(127+47)	0.2
	集成材(ラミナ含む)	3.4	7.6	25	349(302+47)	2.7
	梱包・仕組材	13.4	29.7	5	96(49+47)	2.9
	パレット	6.2	13.8	5	96(49+47)	1.3
	その他	0.5	1.1	5	96(49+47)	0.1
	背板チップ	16.0	35.5	2	約460(380+32+47)	16.3
パルプ用	パルプチップ	14.0	31.1	2	約460(380+32+47)	14.3
合板用		9.0	20.0	25	148(101+47)	3.0
その他	薪、ペレット、杭等	37.0	82.1	2or 5	47	3.9
広葉樹	〃		8.8	2	47	0.4
計		100	230.8			45.1

※ 製材品、合板は丸太運送から製品製造までは(道林産試 古俣寛隆ら2010)による。パルプは日本製紙連・機械パルプ参照及び山土場から工場までの運送32kg-CO₂e/m³(藤原 敬2005)による。工場から建築現場又は消費地までは一律47kg-CO₂e/m³(藤原)による。薪等は運送のみとした。なお、該当するGHG排出量はCO₂換算。

以上により、ha 当たり丸太 230.8m³のうち

35年	炭素(C)保持	1.1m ³	(+)	$1.1 \times 0.404 \times 0.51 \times 44/12 = 0.8$ (t-CO ₂ /ha)
25年	〃	27.6m ³		$27.6 \times 0.404 \times 0.51 \times 44/12 = 20.9$ (t-CO ₂ /ha)
5年	〃	85.6m ³		$85.6 \times 0.404 \times 0.51 \times 44/12 = 64.7$ (t-CO ₂ /ha)
2年	〃	107.7m ³		$107.7 \times 0.404 \times 0.51 \times 44/12 = 81.4$ (t-CO ₂ /ha)
2年(広葉樹)	〃	8.8m ³		$8.8 \times 0.601 \times 0.5 \times 44/12 = 9.7$ (t-CO ₂ /ha)

※但し、その他(薪等)は炭素保持2年：5年をそれぞれ50%とし、41.1：41とする。

伐採から2年間の炭素保有量(二酸化炭素換算) 177.5 (t-CO₂/ha)

となり、木材製品等が消費地に届くまでの二酸化炭素(CO₂)排出量は

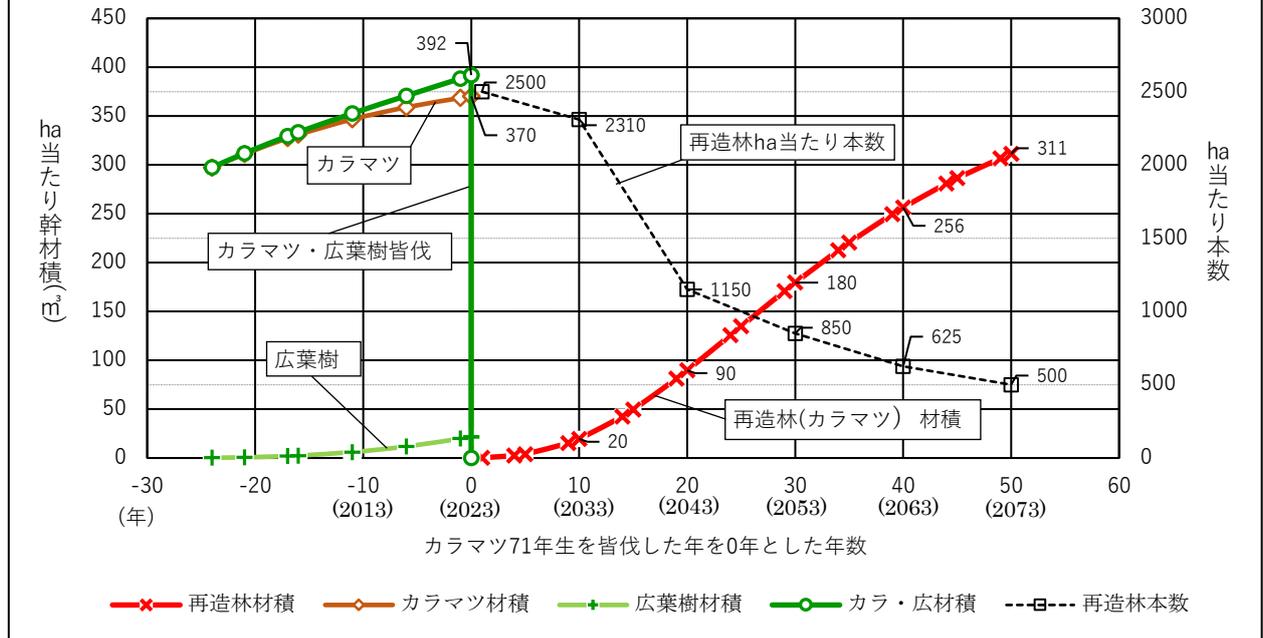
(-) 45.1 (t-CO₂/ha)

⑤ 以上で皆伐に伴う二酸化炭素(CO₂)の排出量は明らかになった。次に再生林を行うことに伴うCO₂の吸収及び貯蔵、さらに作業にかかる排出量の算定を行う。その際、施業については、原則として札幌市当局が想定する樹種、育林、伐期齢等に基づくが、地位はこれまでの実績に基づき地位指数20を採用し、林齢50年までシミュレーションすることとし、それまでは皆伐を行わないものとする。

図-12のグラフは皆伐と再生林の幹材積の動きを示したものであるが、皆伐についてはすでに伐採から丸太生産まで①~③で炭素ないし二酸化炭素は計算済みであるので、まず、再生林に伴う造林木の二酸化炭素の吸収とそれによる炭素の貯蔵を算定する。

図-12

25-8における皆伐・再生林による林分幹材積の動き



上の「算定方法」にあるように吸収量は1年間の幹材積の増加量すなわち成長量をもって吸収量としている。そこでは光合成のためCO₂を吸収し、呼吸によりCO₂を排出するその差が真の光合成量となり、吸収量として計算される。したがって、「算定方法」では、吸収量は1年間の炭素の貯蔵量と同値とみなし、その時間軸に応じた貯蔵蓄積すなわち材積量を基準に計算される。

まず、カラマツの再生林ということとその収穫期としている標準伐期齢30年から50年生までを10年刻みで計算してみよう。伐期30年はこの25-8林分においては2053年に相当する。

なお、育林過程で吸収・貯蔵された林木のうち利用間伐により間伐材として排出に相当するものがあるが、材積量として表れてこないため、排出量はもちろん吸収量もカウントされていない。しかし、択伐と同様、森を維持していくための行為であり、それなりに有効利用されていることに鑑み、以下のように吸収及び排出量を記述するが収支上は割愛する。これこそがカーボンニュートラルの本来の意味での有効性の典型的な例と言える。

再生林の吸収量

$$\begin{aligned}
 (+) \left\{ \begin{array}{l}
 \text{林齢 30 年} \quad (180+25)\text{m}^3 \times 0.404 \times 1.15 \times (1+0.29) \times 0.51 \times 44/12 = \underline{229.8} \text{ (t-CO}_2\text{/ha)} \\
 \text{林齢 40 年} \quad (256+35)\text{m}^3 \times 0.404 \times 1.15 \times (1+0.29) \times 0.51 \times 44/12 = \underline{326.1} \text{ (t-CO}_2\text{/ha)} \\
 \text{林齢 50 年} \quad (311+55)\text{m}^3 \times 0.404 \times 1.15 \times (1+0.29) \times 0.51 \times 44/12 = \underline{410.2} \text{ (t-CO}_2\text{/ha)}
 \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

間伐材の排出量

$$\begin{aligned}
 (-) \left\{ \begin{array}{l}
 \text{林齢 30 年} \quad 25\text{m}^3 \times 0.404 \times 1.15 \times (1+0.29) \times 0.51 \times 44/12 = \underline{28.0} \text{ (t-CO}_2\text{/ha)} \\
 \text{林齢 40 年} \quad 35\text{m}^3 \times 0.404 \times 1.15 \times (1+0.29) \times 0.51 \times 44/12 = \underline{39.2} \text{ (t-CO}_2\text{/ha)} \\
 \text{林齢 50 年} \quad 55\text{m}^3 \times 0.404 \times 1.15 \times (1+0.29) \times 0.51 \times 44/12 = \underline{61.6} \text{ (t-CO}_2\text{/ha)}
 \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

⑥ 次にこの再生林における育苗から地拵え、植え付け、下刈り、蔓きり、枝打ち、除伐、切捨て間伐、利用間伐、その他諸作業などの育林過程に係る丸太 1m³生産するための CO₂の排出量は、表-5 により、「主伐・搬出」を除いたすべての作業を 13.9(kg- CO₂/ha)とする。したがって、ha当たり排出量は次のようになる。

$$(-) \begin{cases} \text{林齢 30 年} & 180\text{m}^3 \times 0.6 \times 13.9 \times 1/1000 = \underline{1.5 \text{ (t-CO}_2\text{/ha)}} \\ \text{林齢 40 年} & 256\text{m}^3 \times 0.6 \times 13.9 \times 1/1000 = \underline{2.1 \text{ (t-CO}_2\text{/ha)}} \\ \text{林齢 50 年} & 311\text{m}^3 \times 0.6 \times 13.9 \times 1/1000 = \underline{2.6 \text{ (t-CO}_2\text{/ha)}} \end{cases}$$

以上で 25-8 における皆伐・再生林の炭素及び二酸化炭素の吸収・貯蔵・排出の基本的数値がすべて出揃った。

次項でその結果と明らかになった論点を整理してみる。

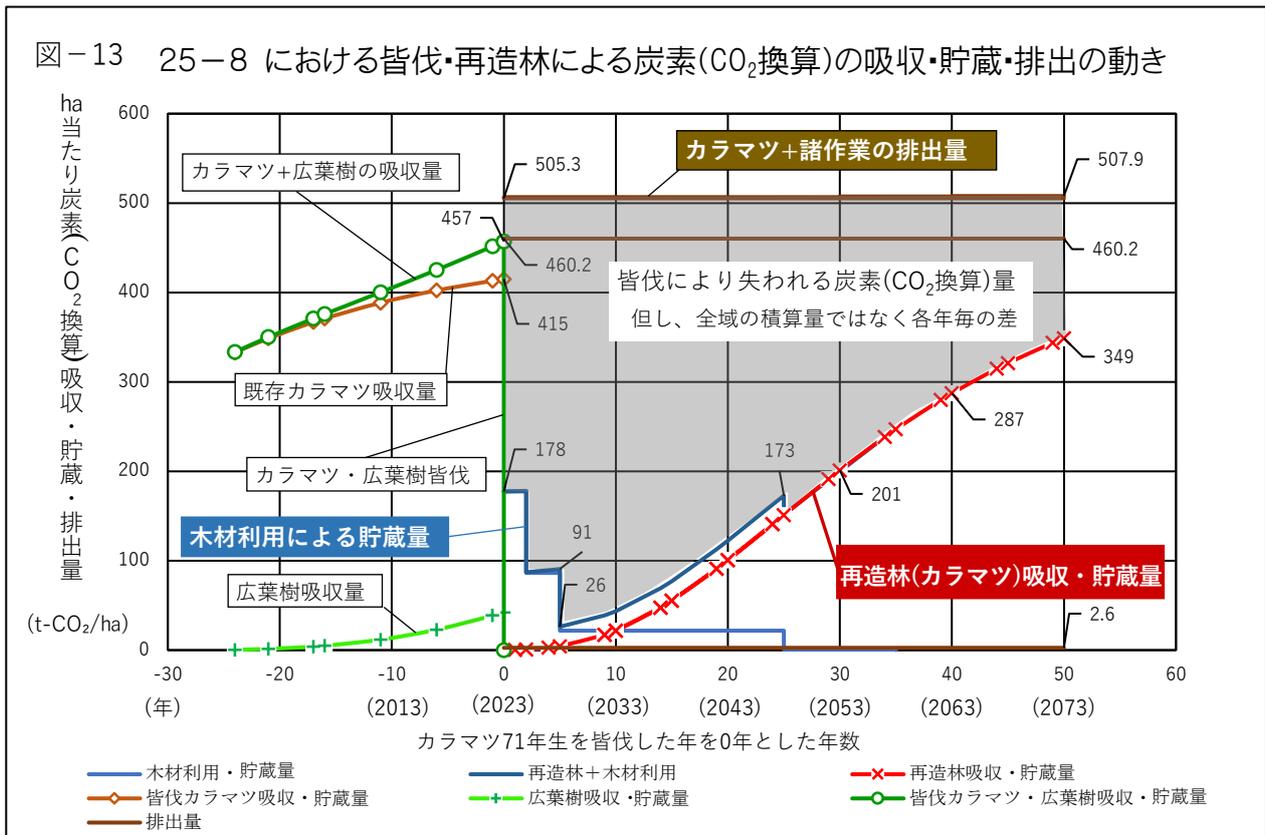
(3) 分析の結果

以上の算定で明らかになった 25-8 における ha 当たりの炭素 (CO₂換算) の吸収・貯蔵・排出の動きを皆伐から再生林、育林過程を経て林齢 50 年に至るまでを一覧表にしたものが表-8 である。

表-8 皆伐・再生林 (林分 25-8) の 1 ha 当たりの吸収・貯蔵・排出量一覧表

				1 ha 当たり炭素 (CO ₂) 吸収量及び貯蔵量 (t-CO ₂ /ha)	1 ha 当たり炭素 (CO ₂) 排出量 (t-CO ₂ /ha)		
				(+)	森林由来	作業等	
				(+)	(-)		
林業	皆伐森林	伐採木・根株・残	カラマツ		414.7		
		滓枝葉等	広葉樹		42.9		
		丸太生産	準備・調査			}	2.6
			伐採作業				
		山土場集積					
木材産業	木材利用	丸太運送			}	45.1	
		(各種) 加工	製材工場等				
		(〃) 製品製作	製品製造				
		(〃) 組立・販売	運送・設置				
消費行為		(〃) 消費者使用	加工工場等				
			35年	0.8			
			25年	21.7			
			5年	86.4			
		2年	177.5				
林業	再生林	消失	(〃) 廃棄・焼却		伐採に含む	省略	
		育苗・植栽			}	下記林齢毎 による	
		育林					
		利用間伐					
		造林木	林齢30年の場合		201.7	1.5	
			林齢40年の場合		286.9	2.1	
林齢50年の場合			348.6	2.6			
間伐材利用	丸太から廃棄まで		省略				

また、これらをグラフにすると図-13 のようになる。



なお、このグラフの見方で注意を要するのは①皆伐に伴う排出量はマイナス(-)であり、木材利用及び再造林に係る吸収・貯蔵はプラス(+)と読むということと②グレー表示の皆伐により失われる炭素(CO₂換算)量は下の⑦に示すように全域の積算量ではなく各年毎の差を表す区域を明示するものである。

2020年10月、政府は気候変動問題に関する国際的な枠組み「パリ協定」に基づき、「2050年までに温室効果ガス(CO₂など)の〈排出量〉から、植林、森林管理などによる〈吸収量〉を差し引いて、合計を実質的にゼロにする、カーボンニュートラルを目指す」ことを宣言した。

それに合わせて、札幌市も「札幌市気候変動対策行動計画(2021年3月)」を策定し、「2030年目標 市全域での温室効果ガス排出量2016年比55%削減〈資源循環・吸収源対策約7万t-CO₂〉、同じく市関連2016年比60%削減〈資源循環・吸収源対策約6.9万t-CO₂〉」を掲げた。

2030年まで既に10年を切った現在、果たして、このグラフが示す事実をもって、これらを達成できるのだろうか。ましてや25-8林分において、30年生に届かない再造林木の森林及び皆伐による木材利用によって2050年に皆伐林分の炭素貯蔵量を回復できるのだろうか。

それができなければ、そもそも「カーボンニュートラル」はあり得ない話である。

以上の分析の結果、明らかになった札幌市の「白旗山」の皆伐・再造林をめぐる温室効果ガス排出削減としての二酸化炭素吸収源対策を改めて整理し列記すれば、以下になるだろう。

① 既存のカラムツ71年生の林分1ha当たり500本370m³と広葉樹500本22m³を皆伐すること

により炭素(CO₂換算)457.6(t-CO₂/ha)を排出し、さらにその伐採作業、丸太生産で2.6(t-CO₂/ha)を排出、計二酸化炭素 460.2 (t-CO₂/ha) を排出することとなった。林木の排出量に比べれば、皆伐作業は意外と少ないのが分かる。

② 一方、伐り出したカラマツ丸太は立木材積 370m³の 60%で 222m³、広葉樹丸太は立木材積 22 m³の 40%、8.8m³で、計 230.8m³/haである。これをそれぞれ集成材、梱包材、パレット、パルプ、合板、燃料などに加工するが 35 年持つ建築用は僅か 0.5%に過ぎず、概して寿命の短い木材製品が大半を占める。2、5、25、35 年とそれぞれ耐用年数に応じた炭素の貯蔵を経て、燃焼あるいは微生物によって二酸化炭素となって放出される。

③ これら木材加工にかかる二酸化炭素排出量は、45.1 (t-CO₂/ha) である。

④ 以上が既存の森林の皆伐に係る排出量の全てであるが、二酸化炭素の排出量は合計 505.3 (t-CO₂/ha) である。

⑤ 次に再造林に係る二酸化炭素の吸収であるが、図-13 のとおりカラマツ地位指数 20 で林齢 30 年生 201.7 (t-CO₂/ha)、40 年生 286.9 (t-CO₂/ha)、50 年生 348.6 (t-CO₂/ha) である。当然であるが、既存のカラマツ 71 年生炭素 (CO₂換算) 414.7 (t-CO₂/ha) には到底及ばず、これを皆伐した場合、あとでも触れるが、カラマツにおいては上で見るように木材利用の長期化という点で隘路があり、現時点では好ましくないのは明らかである。

⑥ 再造林の育林過程で排出される二酸化炭素は、林齢 30 年生 1.5 (t-CO₂/ha)、40 年生 2.1 (t-CO₂/ha)、50 年生 2.6 (t-CO₂/ha) である。これまた、育林の排出量も意外と少ない。育林費用の掛かり増しを考えると、自然の力の大きさには驚かされる。

⑦ 以上の算定から皆伐・再造林における炭素 (CO₂換算) の収支を、定義に従って、もともと森林が貯蔵していた炭素が排出され再造林によって吸収された分の各年毎の差を整理すると、

$$\begin{aligned} \text{再造林 30 年} & \quad -506.8 \text{ (排出)} + 0.8 \text{ (建築材)} + 201.7 \text{ (再造林吸収)} = \underline{-304.3 \text{ (t-CO}_2\text{/ha)}} \\ \text{再造林 40 年} & \quad -507.4 \text{ (排出)} + 286.9 \text{ (再造林吸収)} = \underline{-220.5 \text{ (t-CO}_2\text{/ha)}} \\ \text{再造林 50 年} & \quad -507.9 \text{ (排出)} + 348.6 \text{ (再造林吸収)} = \underline{-159.3 \text{ (t-CO}_2\text{/ha)}} \end{aligned}$$

いずれも排出超過となり、収支は赤字である。

したがって、札幌市当局が行う 25-8 における「皆伐・再造林」は、2050 年にはそれ自体、カーボンニュートラルにはならず「ゼロカーボンの実現」どころか、それに逆行し反って二酸化炭素をより多く放出し、地球温暖化を促進してしまう行為である。

3. 「白旗山都市環境林」の森づくりはどうあるべきか

～従来の「白旗山」の森づくりと「皆伐・再造林」との違い～

「白旗山都市環境林」のカラマツ林25-8を通して、そこでの「皆伐・再造林」が「ゼロカーボンの実現」に如何に的外れであるかをみてきた。

そこで、二酸化炭素の削減に向けてはもちろんのこと、大都市近郊の森林の在り方としてどうあるべきかを次に考えてみたい。

札幌市が計画する「皆伐・再造林」の50年間について従来の「白旗山」の森づくりと比較してみよう。

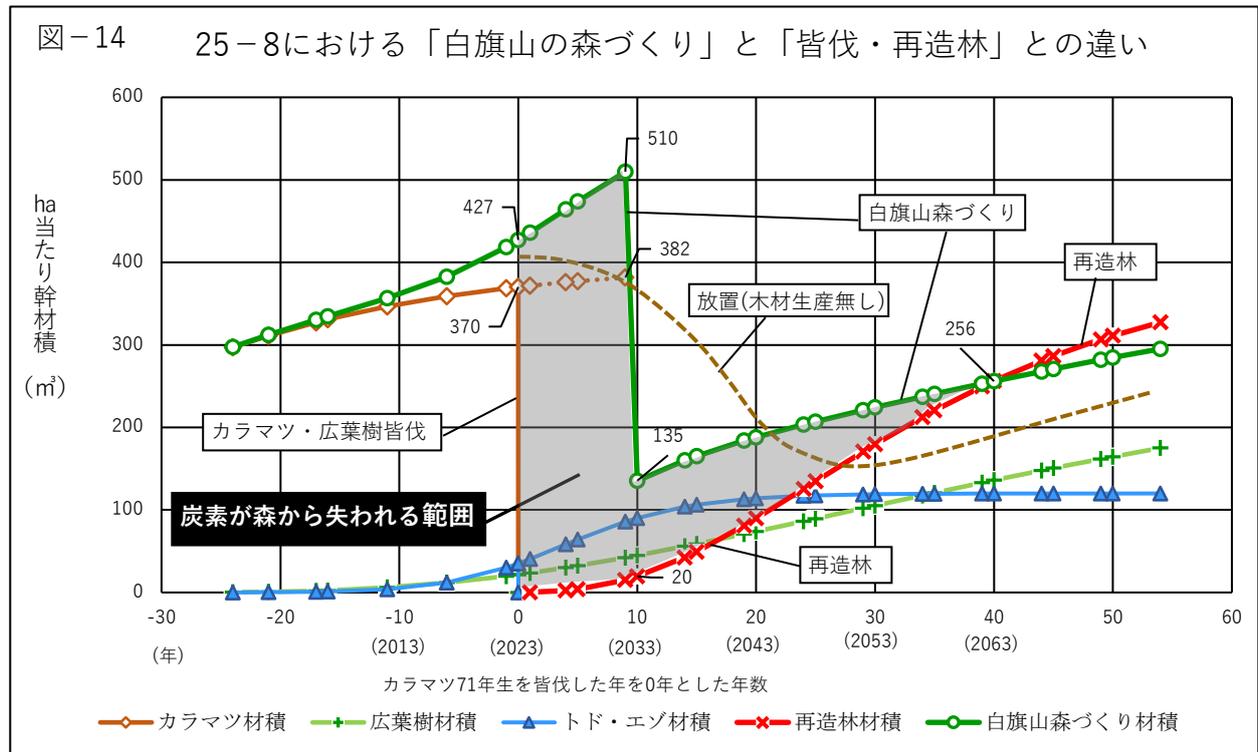


表-9 25-8における「白旗山の森づくり」と「皆伐・再造林」の違い

西暦(年)	2023	2024	2032	2033	2043	2053	2063	2073
皆伐年(再造林年)	0	1	9	10	20	30	40	50
既存カラマツ林齢(年)	71		80	81	91	101		
白旗山の森づくり ha当たり材積(m ³)	427		510	135	188	224	256	285
	カラマツ	370		382				
	広葉樹	22		42	45	74	105	136
	トド・エゾ	35		86	90	114	119	120
実際の林分及び放置 予測〔()内〕ha当たり材積(m ³)	392		424(402)	(355)	(200)	(130)	(175)	(230)
	カラマツ	370		382(360)	(310)	(126)		
	広葉樹	22		42	45	74	(130)	(175)
								(230)
皆伐ha当たり材積(m ³)	392							
	カラマツ	370						
	広葉樹	22						
再造林	カラマツ							
	本数/ha		2500	2330	2310	1150	850	625
	材積(m ³)			15	20	90	180	256

- (a) 従来の「白旗山都市環境林」の森づくりを継続した場合の材積、
 - (b) 皆伐後カラマツ ha 当たり 2500 本再造林した場合の材積、
 - (c) この間、木材を収穫せず遷移に任せて放置した場合の推定材積、
- を図-14 及び表-9 において表し、植樹後 10 年毎の数値を表示する。

この図-14 及び表-9 は、25-8 において、時間的経過の中でそれぞれの森林の取り扱いに応じた材積の増減・移動を明確化することによって、炭素の行方を描出するものである。

この図表で言えることは、

(a) 「白旗山の森づくり」は前にも述べた通り、できる限り時間をかけて先人が植えたカラマツを無駄にしないよう徐々に抜いていき、空いた場所に自然に生えてきた広葉樹を保護育成し、エゾマツ・トドマツを坪植えするなど、混交化を図っていく。これは裸地を生じさせないようにスムーズに林種の転換を図っていく手法である。もちろんシラカンバなどパイオニア植物を除く広葉樹は、カラマツのように初期成長が早くないため炭素の吸収・貯蔵は必ずしも高くはないが、多様な樹種によって生物多様性は高まり、それにより土壌構造は発達し、土壌養分が豊富化して生産力は高まり、水源涵養機能が高度化して多様な樹種の根茎により土壌の緊縛力は高まって林地は安定する。したがって、時間をかけた重層的な移行が必要なのである。

(b) 一方、「皆伐・再造林」は、林地に生えるすべての林木を伐採することであるから、既存の林木による炭素の吸収・貯蔵は望めなくなる。また、残された根株と末木枝条に閉じ込められていた炭素はいずれ微生物等によって二酸化炭素となって放出される。中には萌芽更新するものもあるがすぐに植えられたカラマツの育成のために刈り取られる。しかも、いくらカラマツの成長量が大きいからと言っても図-14 にあるように、皆伐・再造林後、じつに 40 年間「白旗山の森づくり」より材積量が低いのである。40 年間という標準伐期齢 (30 年) を超えており、この森林にとって、何のための削減だったのかわからなくなる。あとで触れることになる「伐りだされた木材がそれを補って余りある」と言っても果たしてそうなるのか。

それにしても、「白旗山の森づくり」は費用がかさむのは確かである。また、「皆伐・再造林」にしても造林費が工面できなくて、再造林放棄があちこちで横行する。それに業を煮やした政府が、IPCC が認めているカーボンクレジットや「森林環境譲与税」を使った「皆伐・再造林」を盛んに奨励している。この白旗山の皆伐もそれに乗った事業である。

(c) そうであれば、間伐までしっかり終えた 25-8 の林分でいっそのこと、択伐などの木材生産作業を止めて放置した場合、炭素の行方はどうなるのか。図-14 で、破線で示すように、これまで保護育成してきた広葉樹は、上木の 70 年を超すカラマツは樹冠がさほど大きくはなく陽光の差し込みも良好なので成長に大きな支障は出にくい。したがってそのまま生育するであろうし、カラマツも 90 年、100 年持つことは難しいので徐々に衰退するはずである。そしてその間隙を突いて新たな広葉樹が侵入してくるであろう。もちろんクマイザサなどの繁茂による障害やシカの食害の問題もあるが、これらをクリアできれば立派な広葉樹林になるはずである。

この「放置」と「皆伐・再造林」を比べた場合、この森における炭素の貯留は、やはり、再造林から 25 年間は「放置」のほうが優っている。札幌市は「放置」よりも「皆伐・再造林」のほうが、

優れているとでも思っているのだろうか。

だがそうした択伐や樹下植が進まない林分についても、人工林由来だからと言って、決して森林劣化が進むわけではない。

「白旗山都市環境林」においても 16 林班 3 小班のような高齢なカラマツ林においては、ミズナラ、ハルニレ、イタヤカエデ、シナノキ、ホオノキ、ハリギリなど有用な広葉樹が生育し、理想的な混交林を形成している。それは、適時に間伐を実行したからにほかならない。また、そこでは孔状地化した場所にエゾマツなどの針葉樹を植えこみ、育成管理することによって、この土地にあった潜在植生が復元され、生物多様性豊かな森林が蘇りつつある。

このようにカラマツ林分においては、皆伐による森林劣化を避け、天然の力を借りる補助作業を指向し、天然木の育成に努めるとともに、樹下植を励行すべきである。造林木は択伐により収穫されればそれに越したことはないが、残存木であっても将来、銘木として残るものもあれば、朽ち果てるものもあるだろう。しかし、人工林から天然生林への緩慢な移行を目指す森づくりとは、こうした倦まず弛まぬ努力を必要とすることである。

結びに

森林を論じる場合、時間概念が大きなファクターになっているのは、今更持ち出すことさえ憚れる周知の事柄である。しかし、驚くべきことに、これがしばしば専門家と言われる人たちから抜け落ちることがある。

図-8 で示されるように“皆伐した木は化石エネルギーからの CO₂ の排出を抑え、木材から発生する CO₂ は将来、植えた木が回収してくれる”といった物語が語られるが、高いリサイクル率を誇る木材といえども、上で見るとおり、カラマツなどはカスケード利用の上流域のものは僅かであり、巷間で語られるほど寿命は長くはない。林木の成長に比べれば極めて短命なのである。

この言い種は、かつての「拡大造林」や「森林経理学論争」を思い起こさせる。これらの末路を見れば、この物語が「捕らぬ狸の皮算用」ではないかと疑いをかけられてもおかしくはない。

また、古くからの「森林純収益説」と「土地純収益説」の論争も、結局のところ、「土地純収益説」が森林を単なる土地に解消してしまう「森林」否定の理論になりかねない側面を近年の歴史が証明している。これは上のいくつかの図にある裸地から始まる CO₂ の収支の考え方に反映されており、新自由主義的経済理論にも通じる思想である。

CO₂ の収支問題は、既存の「森林」から始めるべきである。目の前のものを追いかけて、かえって気象変動に追われる破目になる愚を選んではならない。

白旗山のケースとは違う森林生態系の炭素貯蔵量をできるだけ高いレベルに保ちながら木材を生産していける場所では、それにふさわしい森林の管理・施業法を求めていくことが大事なことは言うまでもない。

だがいずれの場合であれ、炭素は、森林にこそ閉じ込めておくべきものであり、温室効果ガスによる気象変動の最も有効な安全保障である。 (2024年4月8日 鈴木直樹)