

3. 事業の成果及び検証

3-1. 乾燥

3-1-1. 乾燥炉内温度、圧力と経過時間

1) 真空ポンプを使用する場合

図 3.1 は、乾燥炉内の温度、圧力と経過時間の関係を示す。図 3.1(a) は木質バイオマスのヒノキ、(b) はスギである。

乾燥は、真空ポンプを使用した場合、真空ポンプを使用しない場合について行った。真空ポンプを使用した場合、炉内の温度を 130 °C に設定した。また、乾燥時間は 420 分である。図 3.1 中の実線は乾燥炉内温度(°C)、▲印は乾燥炉内圧力 (MPa)、●印は炉内圧力に対する水の飽和温度(°C)である。

ヒノキ (図 3.1(a)) の場合、乾燥炉圧力は、30 分で飽和温度に達して、蒸発が始まっている。約 5 時間後に蒸発が終了している。

スギ (図 3.1(b)) の場合、乾燥炉圧力は、1 時間 30 分で飽和温度に達して、蒸発が始まっている。約 3 時間 30 分後に蒸発が終了している。

以上のことから、木質バイオマスの水の含水率は、ヒノキの方がスギより多いと考えられる。

また、乾燥工程では、乾燥炉内の圧力を水の飽和温度まで下げて、炉内温度とこの飽和温度の差 (過熱度) を大きくすることが重要である。

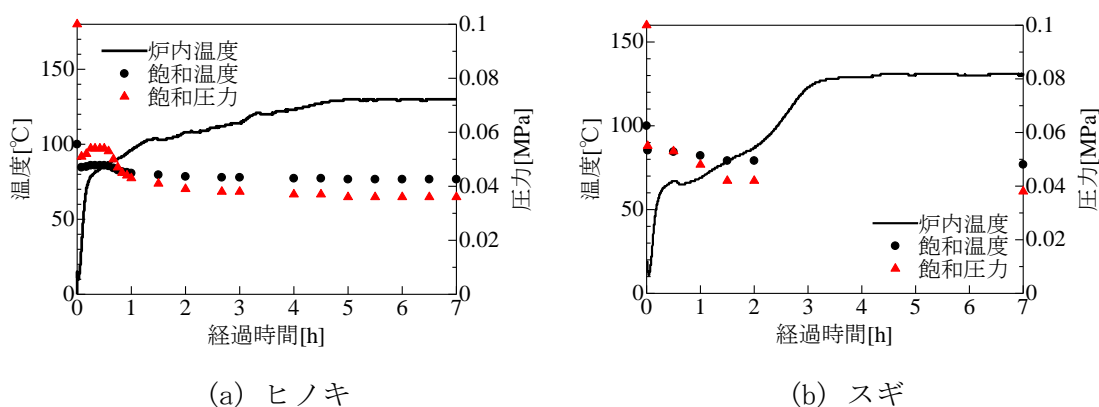


図 3.1 乾燥炉内温度、圧力と経過時間の関係

2) 真空ポンプを使用しない場合

図 3.2 は、乾燥炉内の温度、圧力と経過時間の関係を示す。木質バイオマスのヒノキである。乾燥は、真空ポンプを使用しない場合である。炉内の温度を 130 °C に設定した。また、乾燥時間は 960 分である。図 3.2 中の黒の実線は乾燥炉内温度(°C)、赤の実線は乾燥炉内圧力 (MPa) である。

図 3.2 は、乾燥炉内温度は、乾燥開始から約 30 分後、約 90 °C と一定となっている。図 3.2 より、乾燥炉内圧力は大気圧力であるので、飽和温度の 100 °C 以上に加熱する必要があると考えられる。

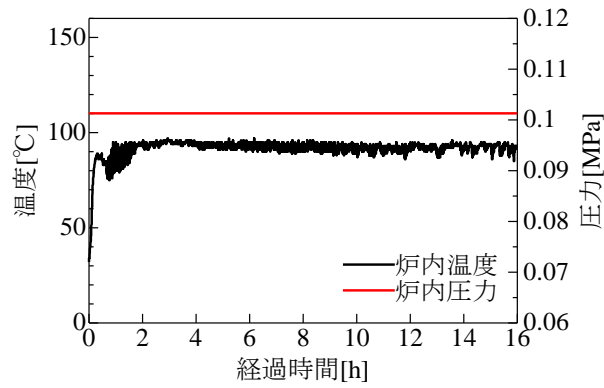


図 3.2 乾燥炉内温度、圧力と経過時間との関係

3-1-2. 乾燥時間と木材投入量変化（収率）

1) 真空ポンプを使用する場合

表 3.1 に乾燥の実証結果を示す。乾燥炉内温度は 120, 130, 150°C に設定した。真空ポンプを使用する場合である。

図 3.3 は、乾燥時間と木材投入量変化（収率）の関係を示す。図 3.3(a) は木質バイオマスのヒノキ、(b) はスギである。収率は、乾燥後木重量と乾燥前（生材）の重量比より求めた。

ヒノキの場合、乾燥炉内温度は、120～150 °C で、乾燥率は、約 55～65% である。乾燥時間が 300 分以上になると収率の変化はない。

スギの場合、乾燥炉内温度は、130, 150 °C で、乾燥率は、約 65～70% である。

以上のことから、収率は、ヒノキよりスギが約 10% 大きくなる。また、乾燥時間が 300 分以上になると収率の変化はない。

表 3.1 乾燥結果

材料	設定温度(°C)	時間(分)	収率(%)	水分回収率(%)
ヒノキ	120°C	300	58.0%	59.9%
	130°C	180	65.0%	75.7%
	130°C	300	57.5%	67.8%
	130°C	420	58.0%	53.0%
	150°C	300	55.1%	63.9%
スギ	130°C	180	69.7%	49.6%
	130°C	300	66.7%	58.1%
	130°C	420	70.0%	49.7%
	150°C	300	67.0%	50.7%

*収率 = 乾燥後木重量 / 乾燥前（生材）

*水分回収率 = 回収水 / （生材 - 乾燥後木重量）

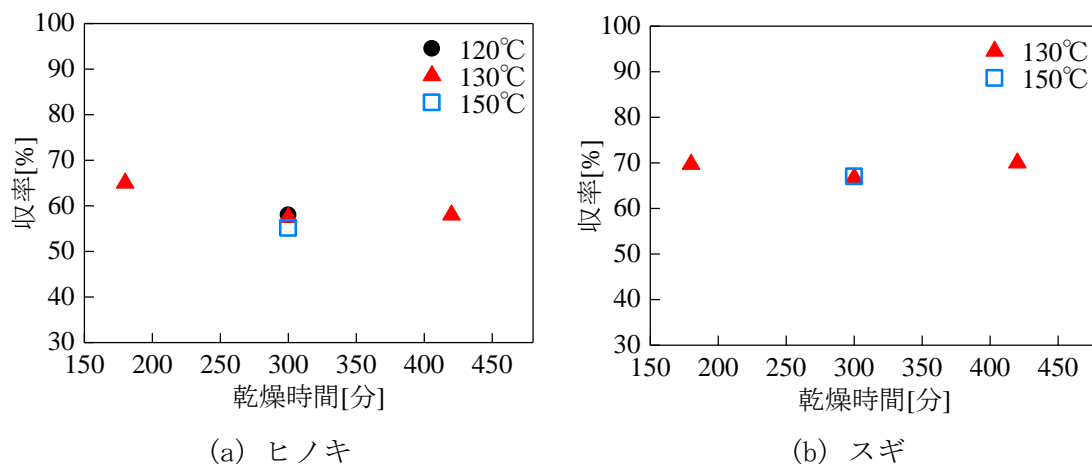


図 3.3 乾燥時間と木材投入量変化（収率）の関係

図 3.4 は、乾燥時間と水分回収率の関係を示す。図 3.4(a) は木質バイオマスのヒノキ、(b) はスギである。ヒノキ（図 3.4(a)）の場合、乾燥時間が 300 分間で、水分回収率は約 60～75%となる。スギ（図 3.4(b)）の場合、乾燥時間が 300 分間で、水分回収率は約 50～60%となる。

以上のことから、水分回収率は、スギよりヒノキが約 10%大きくなる。

収率、水分回収率の結果からわかるように、ヒノキとスギを比較すると、含水率は、ヒノキの方が高いことがわかった。

また、乾燥時間は、ヒノキが約 300 分、スギは 180 分必要である。真空ポンプを使用した場合、乾燥時間が長くなると水分回収率が減少する。これは、真空ポンプによって水分が排出されていると考えられる。

以上のことから、真空ポンプを使用した場合、乾燥時間が短くなることがわかった。

また、木質バイオマスから水を製造する時には、木質バイオマスの種類に最適な乾燥時間が重要である。

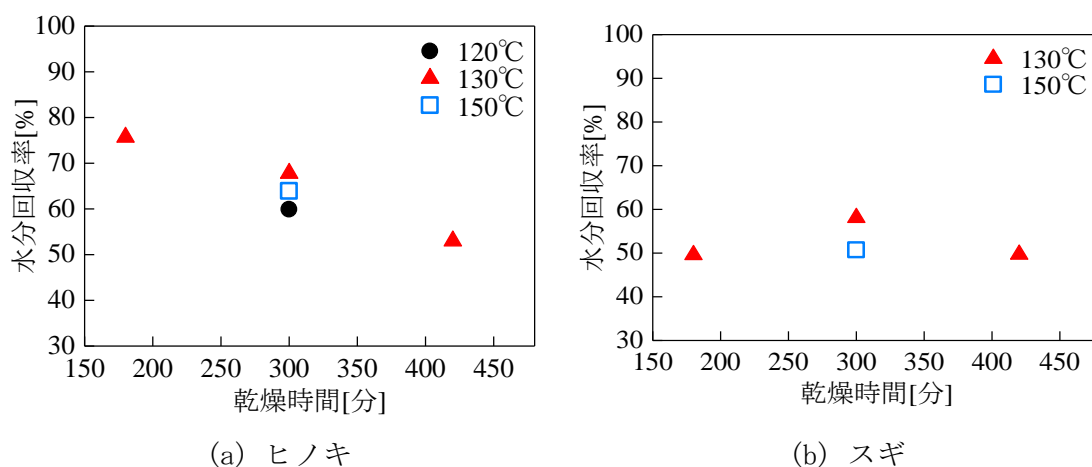


図 3.4 乾燥時間と水分回収率の関係

2) 真空ポンプを使用しない場合

表 3.2 に乾燥の結果を示す。木材は、ヒノキである。ヒノキを乾燥炉で乾燥を行った。乾燥炉内温度は 130℃に設定した。真空ポンプを使用しない場合である。

表 3.2 より、真空ポンプを使用しない場合は、乾燥時間は、約 960 分必要である。また、水分回収率は、0%である。

表 3.2 乾燥結果

材料	設定温度(℃)	時間(分)	装置状態	収率(%)	水分回収率(%)
ヒノキ	130℃	960	大気圧	76.7%	0%

3-1-3. 水の分析

1) 含有物質の分析

水の含有物質の有機質、無機質の分析は、液体クロマトグラフィ、ICP で行った。

ヒノキの場合、有機質はマロン酸(付録 1-1)。スギの場合、有機質はギ酸と酢酸が含まれている(付録 1-2)。

分析結果を付録 1-1、1-2 に示す。

【有機質】

分析法：液体クロマトグラフィ

ヒノキ：マロン酸

スギ：ギ酸／酢酸

表 3.3 は、木材に含まれている無機質を示す。表 3.3(a)は木質バイオマスのヒノキ、(b)はスギである。

ヒノキの場合、無機質は、Ca, Fe, Kが含まれている(付録 1-1)。スギの場合、無機質は、K, Znが含まれている(付録 1-2)。

【無機質】分析法:ICP

表 3.3 含まれている無機質

(a) ヒノキ

単位: ppm

Ca	Fe	K
0.7	0.13	<0.1

(b) スギ

単位: ppm

K	Zn
3.5	0.9

以上、分析の結果、有機質で酸系の物質が検出され、微量ながら金属が確認された。

2) 水の電気伝導度と PH の分析

ヒノキの水の電気伝導度は、 $31.5 \sim 35.5 \mu\text{S}/\text{cm}$ となる。この値は、一般の市水($100 \sim 200 \mu\text{S}/\text{cm}$)と比較すると低い値となった。PHは、 $6.1 \sim 6.5$ で若干酸性であった。

以上のことから、乾燥時に製造された水は、水の純度が高いものが得られた。また、有機質として酸系の物質を含有していることがわかった。この水の利用については、機器類への腐食の影響等について考える必要がある。

3-1-4. チップの分析

付録2は、チップ(ヒノキ、スギ)の発熱量を示す。

付録2より、ヒノキ、スギの低位発熱量は、約 $18200 \sim 18930 \text{ kJ}/\text{kg}$ 、高位発熱量は、約 $20290 \sim 21150 \text{ kJ}/\text{kg}$ の値である。

3-2. 炭化

3-2-1. 炭化炉内温度と経過時間

図3.5は、炭化炉内の温度と経過時間の関係を示す。図3.5(a)は木質バイオマスのヒノキ、(b)はスギである。

炭化炉内の温度を $500 \text{ }^\circ\text{C}$ に設定した。この設定温度は、基礎で炭化炉内温度が約 $460 \text{ }^\circ\text{C}$ 前後が炭化物の比表面積が一番大きくなる事が確認されているので、この温度に設定した。また、炭化時間は60分である。図3.5中の実線は炭化炉内温度($^\circ\text{C}$)を示す。

ヒノキ、スギ(図3.5(a), (b))の場合、乾燥炉圧力は、30分で飽和温度に達する。そして蒸発が始まって炭化炉内温度は、約20分で約 $450 \text{ }^\circ\text{C}$ になり、その後、一定温度となる。

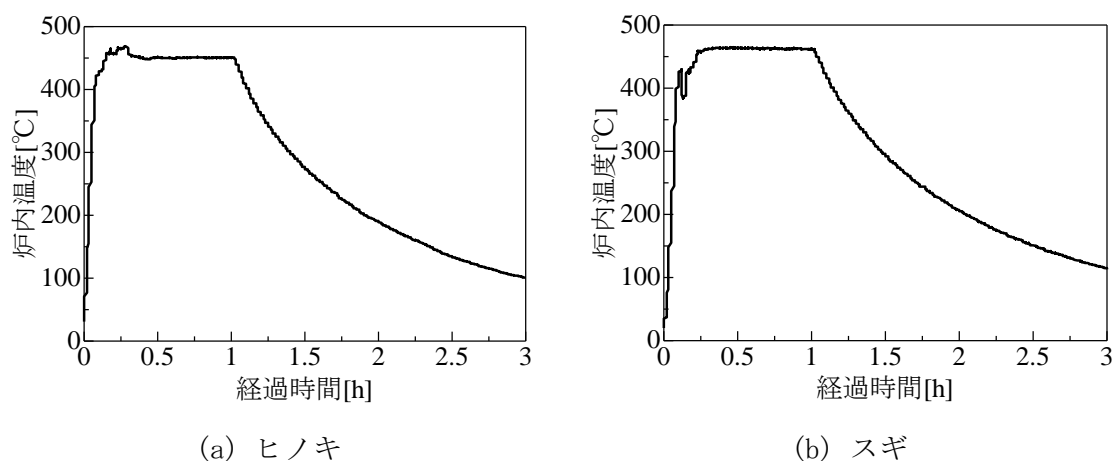


図 3.5 炭化炉内温度と経過時間の関係

3-2-2. 炭化炉内圧力、ガス発生量と経過時間

図 3.6 は、炭化炉内の圧力、ガス発生量と経過時間の関係を示す。図 3.6(a)は木質バイオマスのヒノキ、(b)はスギである。また、窒素ガスの注入量は、2 ℓ /min である。

炭化炉内の圧力は、炭化炉内の温度が高くなると上昇して炭化が始まる。ヒノキの場合、約 15 分で、最大圧力は約 0.5 kPa になる。スギの場合、約 10 分で、最大圧力は約 0.5 kPa になる。このことから、炭化炉内の最大圧力は、ヒノキ、スギの間には差がみられる。

炭化炉内のガス発生量は、温度、圧力が上昇すると多くなり、最大流量は 5 ℓ /min となる。また、ガス発生は、約 45 分間で終わる。すなわち、炭化反応が終わったと考えられる。

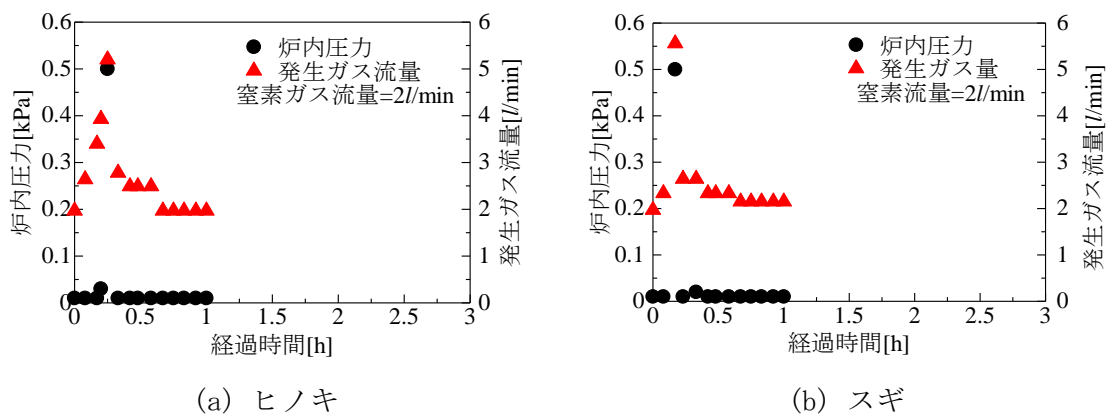


図 3.6 炭化炉内の圧力、ガス発生量と経過時間の関係

3-2-3. 炭化投入量の変化（収率）、バイオオイルの回収率と発生ガス量

表 3.4 は、炭化投入量の変化（収率）、バイオオイルの回収率と発生ガス量を示す。

発生ガス量は、窒素量（120 ℓ）を含む。

収率は、ヒノキの場合、27.2%、スギの場合、約 30%である。

表 3.4 炭化投入量の変化（収率）、バイオオイルの回収率と炭化ガスの発生量

材料	収率	バイオオイルの回収率	発生ガス量
ヒノキ	27.2 %	40.1 %	156 ℓ
スギ	29.6 %	38.9 %	145 ℓ

3-2-4. バイオオイル、発生ガスの分析

1) 含有物質の分析

バイオオイルの含有物質の有機質、無機質は、液体クロマトグラフィ、ICP で行

った。ヒノキの場合、有機質はギ酸、酒石酸、酢酸、グリコール酸、乳酸、カプロン酸が含まれている（付録 3）。

【有機質】分析法：液体クロマトグラフィ

ヒノキ：ギ酸、酒石酸、酢酸、グリコール酸、乳酸、カプロン酸

表 3.5 は、ヒノキに含まれている無機質を示す。

ヒノキの場合、無機質は、Ca, Fe, Na が含まれている（付録 3）。

【無機質】分析法：ICP

表 3.5 ヒノキに含まれている無機質

単位：ppm

Ca	Fe	Na
23	27.2	10.8

2) 発熱量

表 3.6 は、バイオオイルの発熱量を示す。バイオオイルの発熱量の測定は、燃焼法（JIS K2279：カールフィッシャー法）で行った。また、表 3.6 は、含水率に対する発熱量を示す（付録 3）。

表 3.6 バイオオイルの発熱量

含水率	発熱量(kJ/kg)
74.8%	<2000
59.9%	9,900
58.2%	7,520

以上より、炭化時に製造されるバイオオイルの燃焼熱は、約 7~9MJ/kg である。また、バイオオイルの回収量はヒノキ、スギ共に乾燥木 1kg 当たり約 0.4kg である。この再利用については、今後量産機に向けたプラントのボイラー用の燃料として使用することが可能である。

3) 発生ガスの分析

表 3.7 は、発生ガスの分析結果を示す（付録 4）。発生ガスの分析は、ガスクロマトグラフィで行った。

炭化時のガス成分に燃焼系ガスがヒノキ 35%程度、スギ 15%程度含まれる。

炭化時のガスも CO、CH₄、H₂などの燃焼ガスが含まれるので、燃料としての活用を考える必要がある。

可燃性ガス量は、ヒノキ 180 ℓ /kg、スギ 87 ℓ /kg となる。

表 3.7 発生ガスの分析結果

単位：%

材料	CO	CO ₂	CH ₄	H ₂	N ₂
ヒノキ	22.81	17.39	11.47	0.83	44.03
スギ	17.32	23.00	1.15	0.33	56.32

3-3. 賦活

3-3-1. 賦活炉内温度と経過時間

図 3.7 は、賦活炉内の温度と経過時間の関係を示す。図 3.7(a)は木質バイオマスのヒノキ、(b)はスギである。

賦活炉内の温度を 950 °C に設定した。この設定温度は、基礎で賦活炉内温度が約 870 °C 前後が炭化物の比表面積が一番大きくなる事が確認されているので、この温度に設定した。また、賦活時間は 90 分である。図 3.7 中の黒字の実線は賦活炉の制御温度(°C)、赤字の実線は賦活炉内の温度(°C)を示す。

ヒノキ、スギ(図 3.7(a), (b)) の場合、賦活温度は、約 105 分で最大温度、約 850 °C となり、その後一定温度となる。

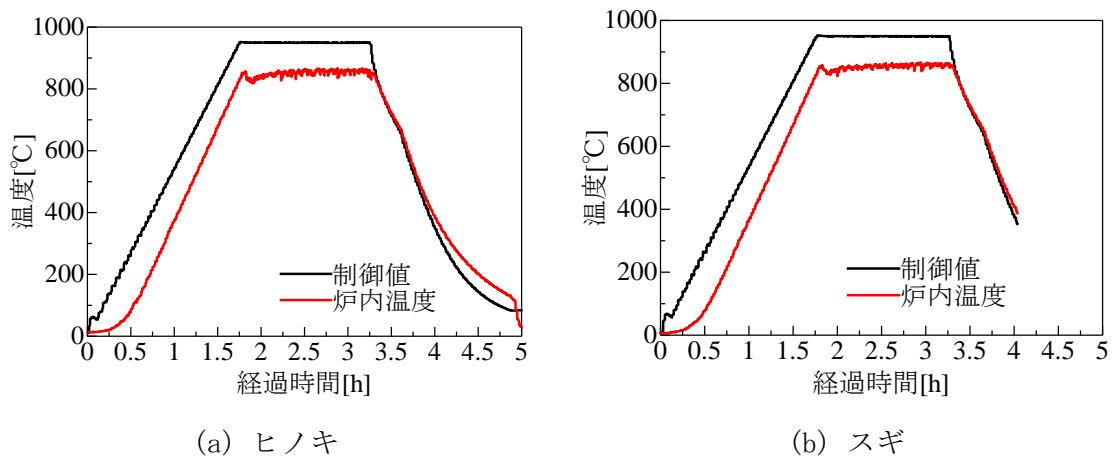


図 3.7 賦活炉内の温度と経過時間の関係

3-3-2. 賦活蒸気の入口、出口温度と経過時間

図 3.8 は、賦活蒸気の入口、出口温度と経過時間の関係を示す。図 3.8(a)は木質バイオマスのヒノキ、(b)はスギである。

賦活蒸気の炉入口温度は、約 140 ~ 150 °C に設定した(図 3.8 中の黒字の実線)。出口温度は、赤字の実線を示す。

炉出口温度は、約 10 分まで上昇し、その後一定となる。炉入口温度と出口温度差は、約 40 ~ 50°C ある。

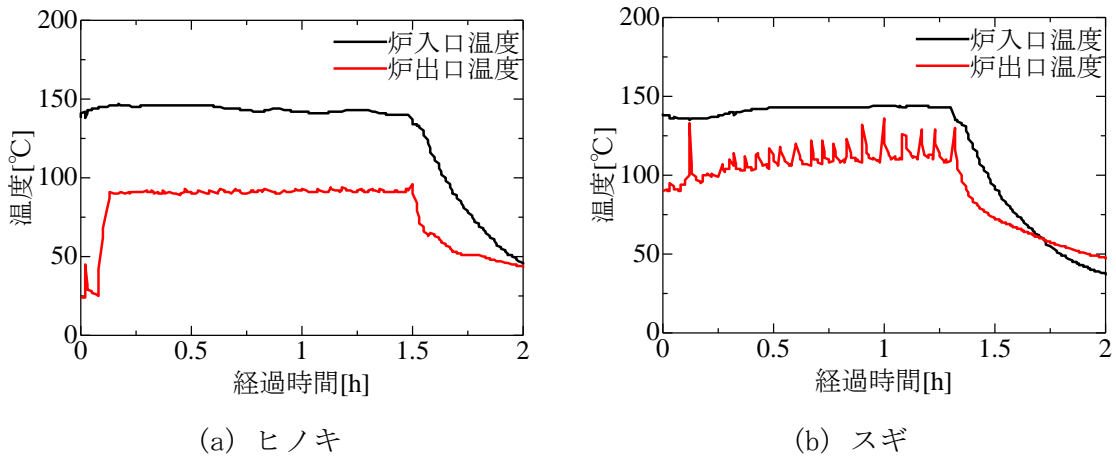


図 3.8 賦活蒸気の入口、出口温度と経過時間の関係

3-3-3. 賦活炉内圧力、ガス発生量と経過時間の関係

図 3.9 は、賦活炉内の圧力、ガス発生量と経過時間の関係を示す。図 3.9(a)は木質バイオマスのヒノキ、(b)はスギである。

ヒノキ、スギの場合、賦活炉の出入口の圧力は、約 100 Pa で一定である。また、ガス発生量 (□印) は、経過時間が約 5 分で、最大のガス発生量の約 3 ℓ /min となる。そして、約 45 分で約 1.25 ℓ /min となり一定となる。

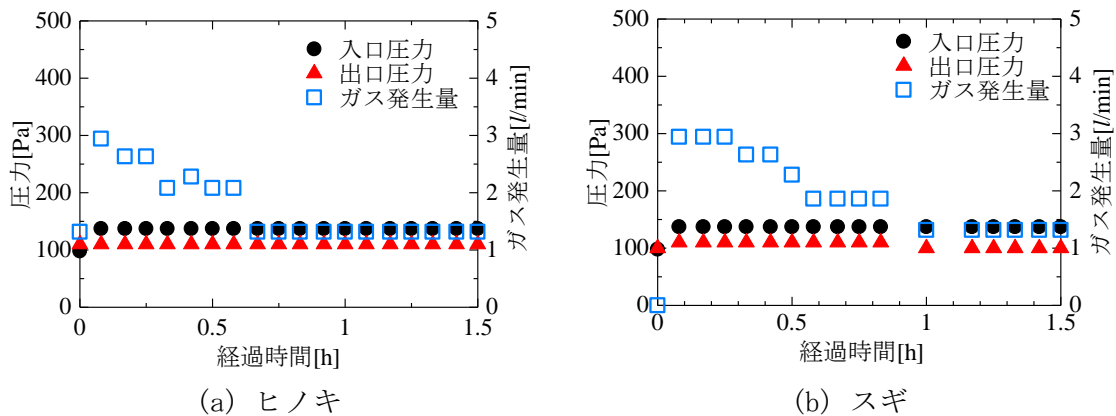


図 3.9 賦活炉内の圧力、発生ガス量と経過時間の関係

表 3.8 は、ガス発生量の総量を示す。ガス発生量の総量は、ガス発生から終了するまでの量を合計したものである。

ガス発生量は、ヒノキの場合、152 ℓ、スギの場合、165 ℓ となる。このことより、ガス発生量は、スギがヒノキより多いことがわかった。また、賦活炉でのガス発生量は、炭化炉のガス発生量より多く発生することがわかった。

表 3.8 ガス発生量の総量

ヒノキ	152 0
スギ	165 0

3-3-4. 賦活炉の発生ガスの分析

表 3.9 は、賦活炉の発生ガスの分析結果を示す。木材はスギである。発生ガスの分析は、ガスクロマトグラフィで行った。

表 3.9 より、発生ガスの半分が H₂ で、約 70% が燃焼ガスである。このことより、燃焼ガスを燃料としての利用を検討する必要がある。

表 3.9 賦活炉の発生ガスの分析結果

CO	12.1%
CH ₄	1.0%
CO ₂	27.1%
H ₂	56.8%
Ar	3.0%

3-3-5. 賦活投入量の変化（収率）、比表面積と平均細孔径と賦活時間

表 3.10 は、賦活温度、時間、収率、比表面積、平均細孔径を示す。

ヒノキの場合、賦活温度は 900, 950℃、時間は 60, 90, 120 分である。スギの場合、賦活温度は 950℃、時間は 120 分である。

表 3.10 より、ヒノキの比表面積の最大値は、1,555 m²/g（平均細孔径 3.3807 nm）となる。収率は 21.4 % である。その時の条件は、賦活温度は 950℃、賦活時間 120 分である。

スギの比表面積の最大値は、1,452.5 m²/g（平均細孔径 3.1517 nm）となる。収率は 2.7 % である。その時の条件は、賦活温度は 950℃、賦活時間 120 分である。

表 3.10 賦活温度、時間、収率、比表面積、平均細孔径

材料	賦活温度 ℃	賦活時間 分	収率 %	比表面積 m ² /g	平均細孔径 nm
ヒノキ	900	120	21.3	1232	3.3052
		60	39.4	1027	2.4955
	950	90	40.9	1077	2.5486
		120	21.4	1555	3.3807
スギ	950	120	2.7	1452.5	3.1517

1) 賦活投入量の変化（収率）と賦活時間

図 3.10 は、賦活投入量の変化（収率）と賦活時間の関係を示す。ヒノキの賦活温度は 900, 950 °C、スギの賦活温度は 950 °C である。

ヒノキ、スギの場合、収率は、賦活時間が 90 分を過ぎると減少することがわかった。

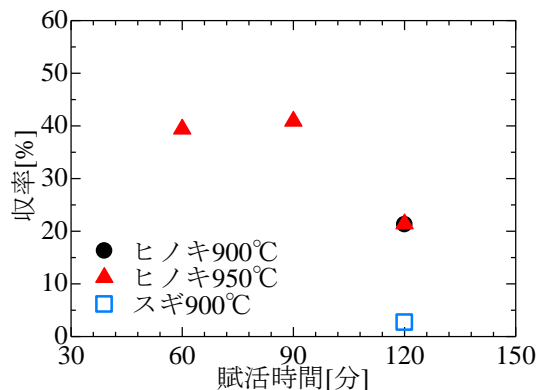


図 3.10 賦活投入量の変化（収率）と賦活時間の関係

2) 比表面積と賦活時間

図 3.11 は、比表面積と賦活時間の関係を示す。ヒノキの賦活温度は 900, 950 °C、スギの賦活温度は 950 °C である。

ヒノキ、スギの場合、比表面積は、賦活時間が 90 分までは一定であるが約 90 分を過ぎると大きくなる。

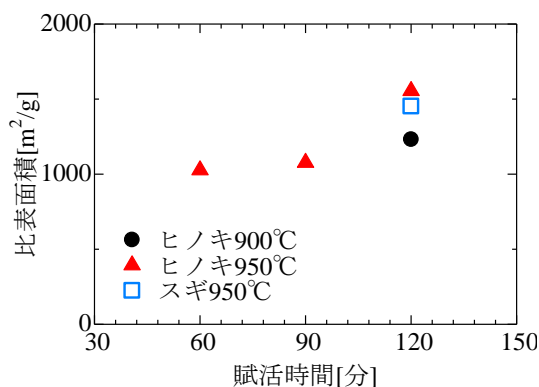


図 3.11 比表面積と賦活時間の関係

3) 平均細孔径と賦活時間

図 3.12 は、平均細孔径と賦活時間の関係を示す。ヒノキの賦活温度は 900, 950 °C、スギの賦活温度は 950 °C である。

ヒノキ、スギの場合、平均細孔径は、賦活時間が 90 分までは一定であるが約 90 分

を過ぎると大きくなる。

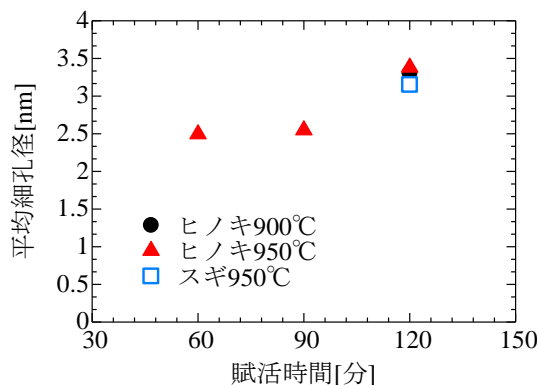


図 3.12 平均細孔径と賦活時間の関係

3-4. 含有金属の分析

表 3.11 は、ヒノキ、スギの含有金属の分析結果を示す。表 3.11 は、乾燥木と賦活後（活性炭）の結果を示す。

ヒノキ、スギの含有金属の分析は、蛍光X線分析装置（メーカー：松定プレシジョン（株）、形式：RX7000）で行った。表 3.11 より、ヒノキ、スギの場合、活性炭の含有金属は、K, Caが多くなっている。ヒノキの場合、K, Ca, Mn, Fe, Cu, Niの順に少なくなっている。また、スギの場合、K, Ca, Fe, Mn, Cu, Niの順に少なくなっている。

本事業の活性炭は、含有金属のFe, Cu, Niの値が少なくなっている。これは、他のメーカーの重金属の限界値（100 ppm）と比較するとかなり小さい値となっている。これらの含有金属のFe, Cu, Niは、電気二重層キャパシタの電極材の電気特性に大きく影響するので、出来るだけ零にする必要がある重要な物質である。

以上の結果から、本事業の活性炭は、電気二重層キャパシタの電極材として最適と考えられる（スーパー活性炭である）。

表 3.11 含有金属分析

単位：ppm

材料	元素	乾燥木	賦活後 (活性炭)	材料	元素	乾燥木	賦活後 (活性炭)
ヒノキ	K	364.89	387.93	スギ	K	593.16	1966.86
	Ca	481.96	274.46		Ca	544.38	1297.3
	Fe	45.31	4.62		Fe	63.29	6.24
	Mn	28.37	14.83		Mn	9.9	4.68
	Cu	7.28	1.02		Cu	7.04	1.65
	Ni	11.2	0.65		Ni	10.84	0.74

3-5. 乾燥炉、炭化炉、賦活炉の消費電力について

表 3.12 は、乾燥炉の消費電力を示す。主な乾燥炉の消費電力は、ヒーター、真空ポンプである。乾燥炉の総消費電力は 1.4 kWh である。

表 3.12 乾燥炉の消費電力

	総エネルギー量(kJ)	電力量(kWh)
ヒーター	1822.4	0.51
真空ポンプ	3084.5	0.85
合計	4906.9	1.4

表 3.13 は、炭化炉の消費電力を示す。主な炭化炉の消費電力は、ヒーターである。炭化炉の総消費電力は 0.93 kWh である。

表 3.13 炭化炉の消費電力

	総エネルギー量(kJ)	電力量(kWh)
ヒーター	3333.5	0.93

表 3.14 は、賦活炉の消費電力を示す。主な賦活炉の消費電力は、ヒーター、蒸気発生器である。賦活炉の総消費電力は 2.19 kWh である。

表 3.14 賦活炉の消費電力

	総エネルギー量(kJ)	電力量(kWh)
ヒーター	6720	1.93
蒸気発生器	945	0.26
合計	7665	2.19

*賦活炉については、昇温とその他駆動系の電力除く。

以上より、消費電力は、賦活炉>乾燥炉>炭化炉の順に大きくなる。乾燥炉の消費電力が大きい原因は、真空ポンプ動力である。これについては、真空ポンプの吸引力の見直しをする必要がある。

炭化炉の消費電力は、ヒーター容量が一番大きいにもかかわらず電力量は少なくなった。これは炭化が短時間で完了したためである。

3-6. 水素改質装置について

図 3.13 は、水素改質装置を示す。図 3.13(a)は水素改質装置の概略図、(b)は外観写真である。水素改質装置は、気化部、反応部からなる。水素改質装置の入口、出口温度は、常温(15℃~20℃)である。気化部の温度は180℃、反応部の温度は

280℃ と 300℃ の場合について実証を行った。水素改質装置の反応部の入口圧力は 0.2MPa 以上、出口圧力は大気圧である。水素改質装置への賦活ガス量は 42 mℓ /min である。

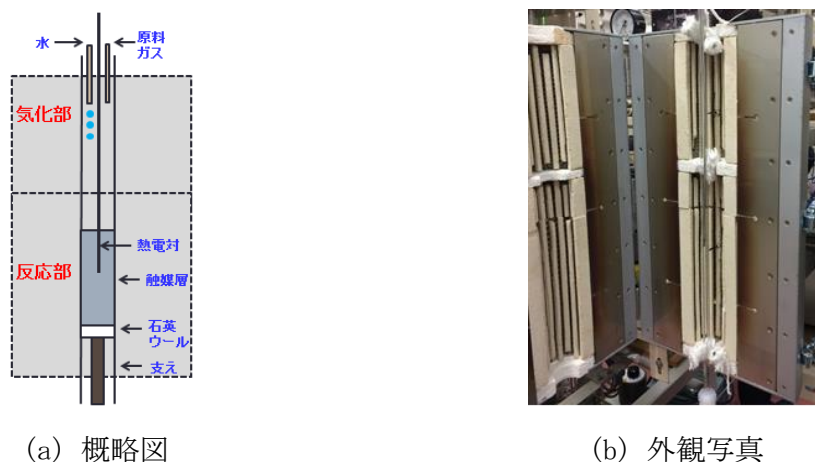


図 3.13 水素改質装置

表 3.15 は、水素改質装置の結果を示す。賦活ガスの成分は、ガスクロマトグラフで分析を行った。賦活ガスの成分は、 H_2 (56.8%), CO_2 (27.1%), CO (12.1%), Ar (3.0%) である。

表 3.15 より、反応部の温度 300℃ の場合、賦活ガスの成分の H_2 は改質前 (56.8%) と改質後 (59.7%) を比較すると、約 3% と改善された。

以上、水素改質器の触媒の経年変化については、今後触媒の調整を行う必要がある。また、B-i システムの各構成機器の乾留ガスの成分を分析して、 CO が多いところに水素改質器を設置することで、より多くの水素を回収することが可能となる。

表 3.15 水素改質装置の結果

組成	改質前	改質後	
		280℃	300℃
CO	12.1%	5.7%	4.5%
CH ₄	1.0%	1.0%	1.0%
CO ₂	27.1%	31.2%	32.0%
H ₂	56.8%	59.2%	59.7%
Ar	3.0%	2.9%	2.8%

3-7. 電気二重層キャパシタ (EDLC) の電気特性評価について

3-7-1. 電気二重層キャパシタ (EDLC) の構造

ヒノキ、スギを炭化、賦活して、高機能活性炭を製作した。この高機能活性炭を電気二重層キャパシタ (EDLC) の電極材として使用したコイン型セルを製作した。

図 3.14 は、製作したコイン型セルの構造を示す。製作したコイン型セルは、電極

SUS セルケース、SUS スペーサー、SUS 網、活性炭+バインダー、電解液、セパレータ、ガスケットから構成される。

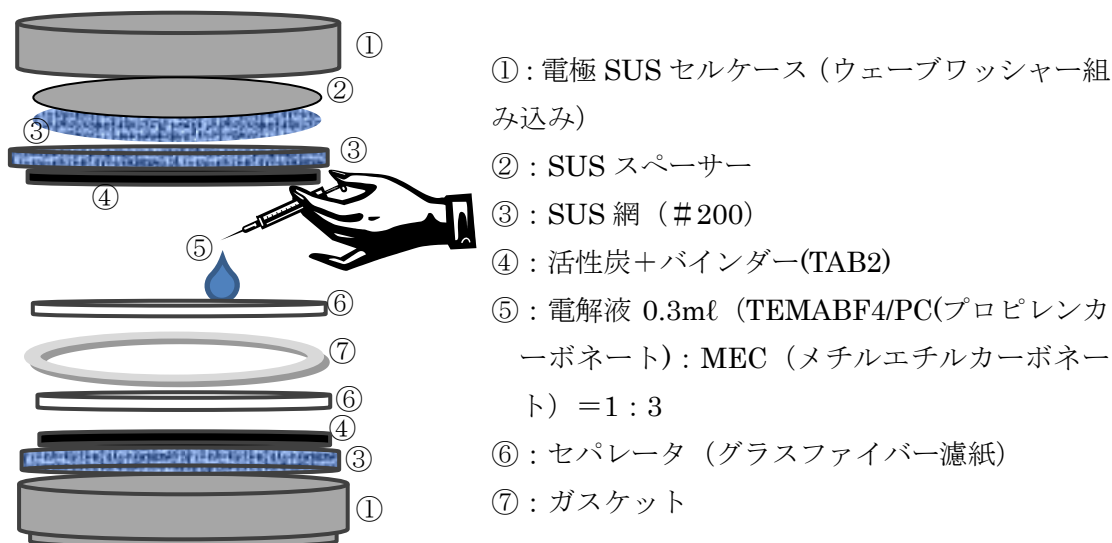


図 3.14 製作したコイン型セルの構造

図 3.15 は、完成したコイン型セルの写真を示す。



図 3.15 コイン型セルの写真

3-7-2. 充放電曲線とサイクルの特性について

図 3.16 は、高機能活性炭を使用した電気二重層キャパシタ (EDLC) の充放電曲線 (図 3.16 (a))、サイクル特性 (図 3.16 (b)) を示す。図 3.16 (a) の横軸は、充放電容量、縦軸は、充電電圧を示す。図 3.16 (b) は、サイクルの特性を示す。

図 3.16 は、(1) ヒノキで、比表面積 1077m²/g 全細孔容積 0.6862m³/g 平均細孔径 2.5486nm の場合、(2) ヒノキ (比表面積 1555.6m²/g 全細孔容積 1.3148m³/g 平均細孔径 3.3807nm) の場合、(3) ヒノキ (比表面積 1495m²/g 全細孔容積 1.2877m³/g 平均細孔径 3.4455nm) の場合、(4) ヒノキ (比表面積 1401.4m²/g 全細孔容積 1.2052m³/g 平均細孔径 3.4400nm) の場合、(5) ヒノキ (比表面積 1258.1m²/g 全細孔容積 0.9265m³/g 平均細孔径 2.9455nm) の場合、(6) ヒノキ (比表面積

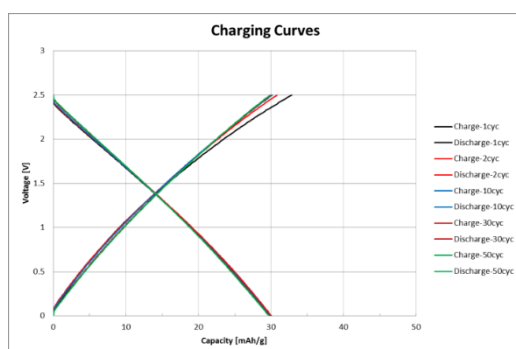
1232.3m²/g 全細孔容積 1.0183m³/g 平均細孔径 3.3052nm) の場合、(7) スギ (比表面積 1452.5m²/g 全細孔容積 1.1445m³/g 平均細孔径 3.1517nm) の場合、(8) スギ (比表面積 1070.7m²/g 全細孔容積 0.7411m³/g 平均細孔径 2.7686nm) の場合、(9) ヒノキ (比表面積 1027.2m²/g 全細孔容積 0.6237m³/g 平均細孔径 2.4289nm) の場合、(10) ヒノキ (比表面積 1057.7m²/g 全細孔容積 0.6377m³/g 平均細孔径 2.4114nm) の場合、(11) ヒノキ (比表面積 1027.6m²/g 全細孔容積 0.6411m³/g 平均細孔径 2.4955nm) の場合である。

図 3.16 は、サイクルの特性の影響を見るために、50 サイクル繰り返し、安定性を検証した。

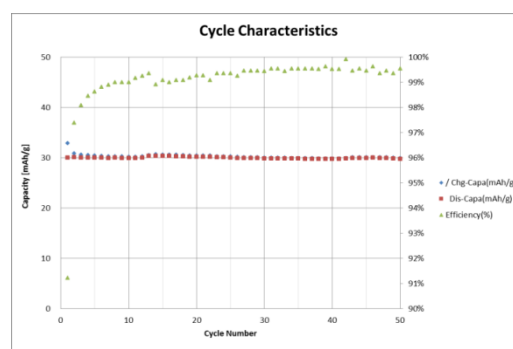
図 3.16 よりわかるように、放電容量は、約 30 ~ 40 mAh/g となった。また、サイクルの特性は良く、50 サイクルの劣化が見られなかった。容量は、活性炭の比表面積、細孔容積、平均細孔径、細孔形状などに影響される。

この高機能活性炭は、非常に安定性が良く、効率は約 90~99% となった。

以上の結果から、放電容量を向上させるには、比表面積を大きく、また、平均細孔径の制御をする必要がある。しかし、現状では、平均細孔径を制御することは難しいので比表面積を大きくする工夫が必要である。

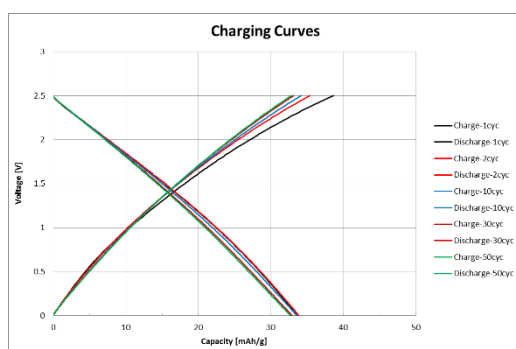


(a) EDLC の充放電曲線

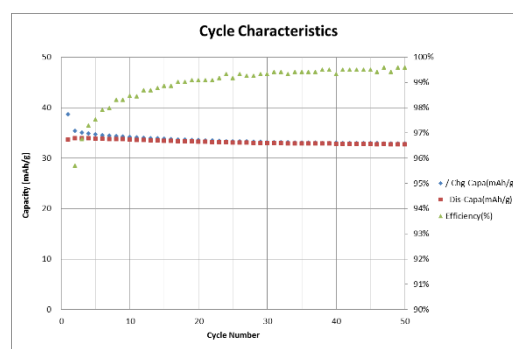


(b) EDLC のサイクル特性

(1) ヒノキ(比表面積 1077m²/g 全細孔容積 0.6862m³/g 平均細孔径 2.5486nm) の場合



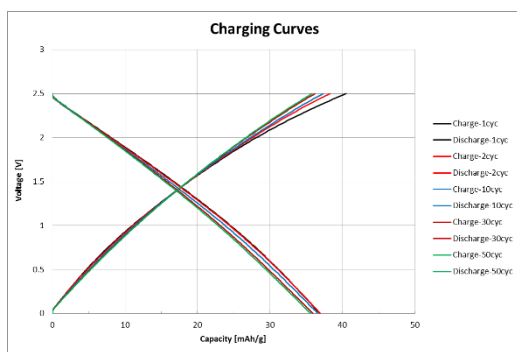
(a) EDLC の充放電曲線



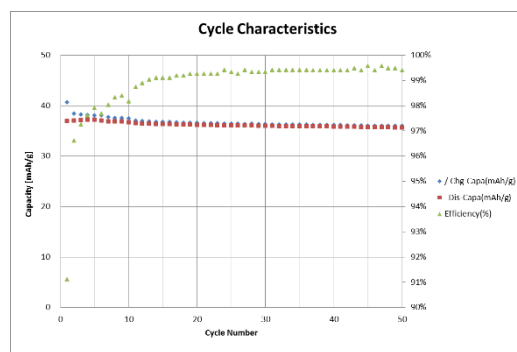
(b) EDLC のサイクル特性

(2) ヒノキ(比表面積 1555.6m²/g 全細孔容積 1.3148m³/g 平均細孔径 3.3807nm) の場合

図 3.16 電気二重層キャパシタ (EDLC) の充放電曲線とサイクル特性

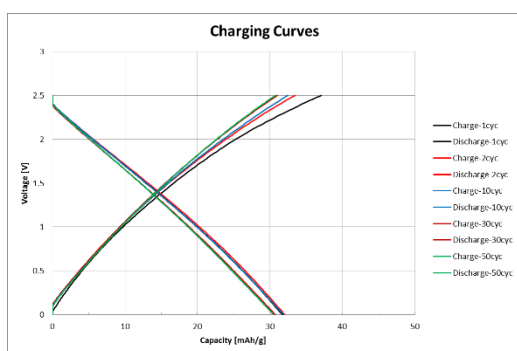


(a) EDLC の充放電曲線

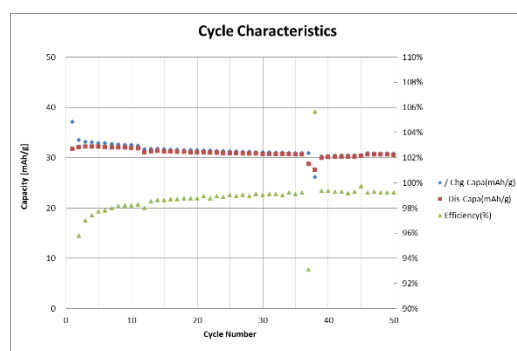


(b) EDLC のサイクル特性

(3) ヒノキ (比表面積 1495m²/g 全細孔容積 1.2877m³/g 平均細孔径 3.4455nm) の場合

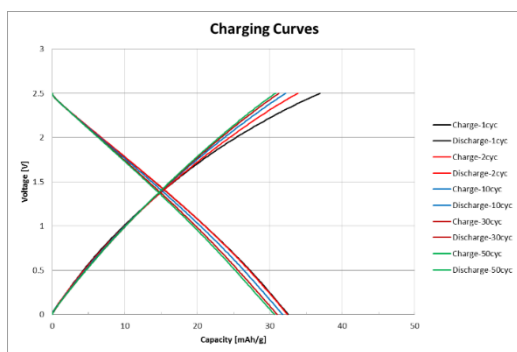


(a) EDLC の充放電曲線

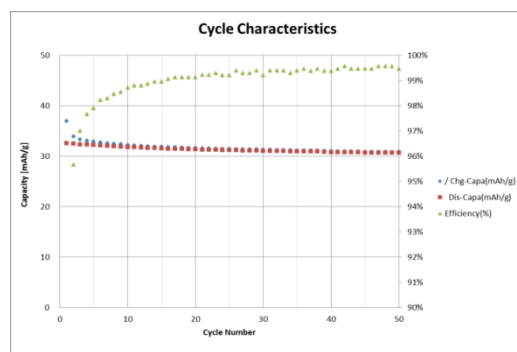


(b) EDLC のサイクル特性

(4) ヒノキ (比表面積 1401.4m²/g 全細孔容積 1.2052m³/g 平均細孔径 3.4400nm) の場合

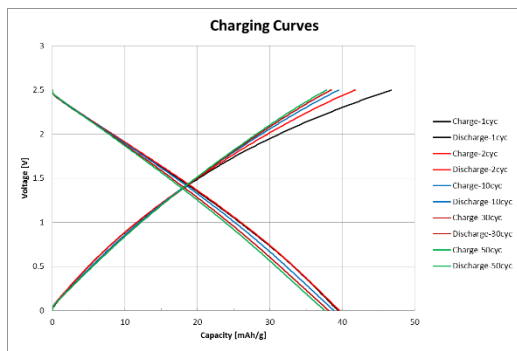


(a) EDLC の充放電曲線

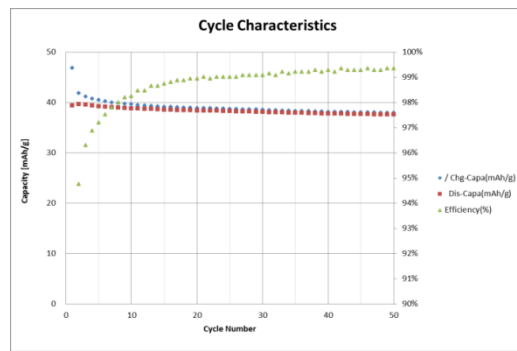


(b) EDLC のサイクル特性

(5) ヒノキ (比表面積 1258.1m²/g 全細孔容積 0.9265m³/g 平均細孔径 2.9455nm) の場合



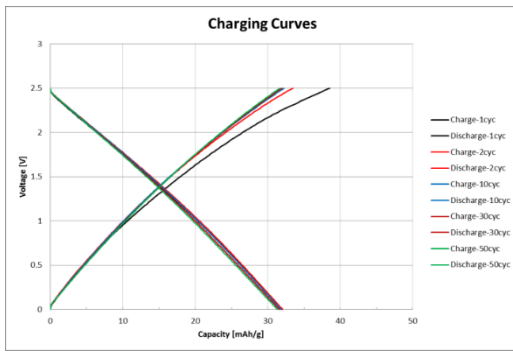
(a) EDLC の充放電曲線



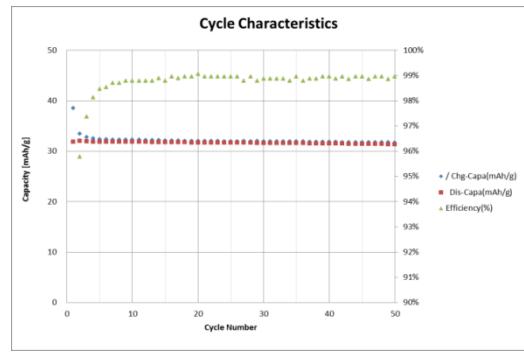
(b) EDLC のサイクル特性

(6) ヒノキ (比表面積 1232.3m²/g 全細孔容積 1.0183m³/g 平均細孔径 3.3052nm) の場合

図 3.16 つづき

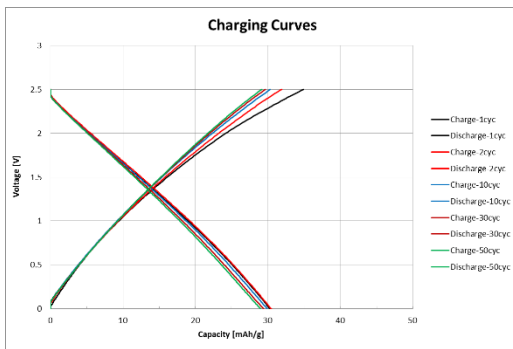


(a) EDLC の充放電曲線

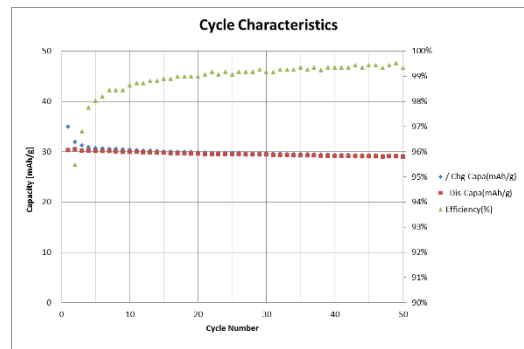


(b) EDLC のサイクル特性

(7) スギ(比表面積 1452.5m²/g 全細孔容積 1.1445m³/g 平均細孔径 3.1517nm)の場合

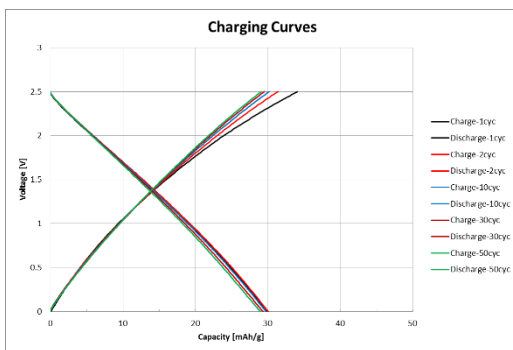


(a) EDLC の充放電曲線

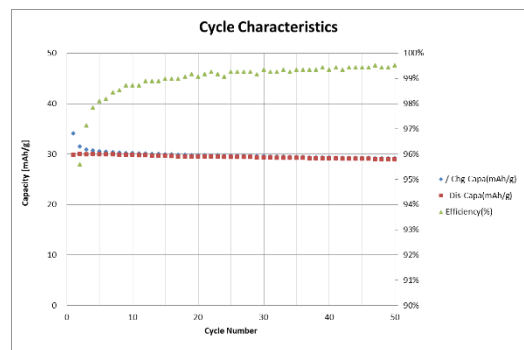


(b) EDLC のサイクル特性

(8) スギ(比表面積 1070.7m²/g 全細孔容積 0.7411m³/g 平均細孔径 2.7686nm)の場合

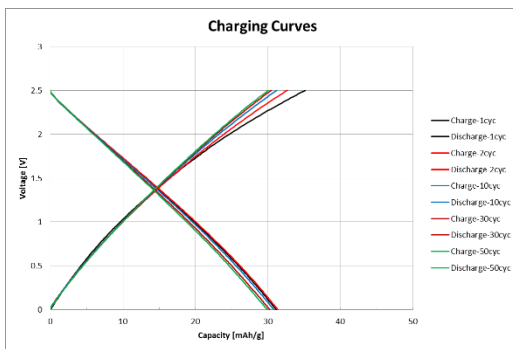


(a) EDLC の充放電曲線

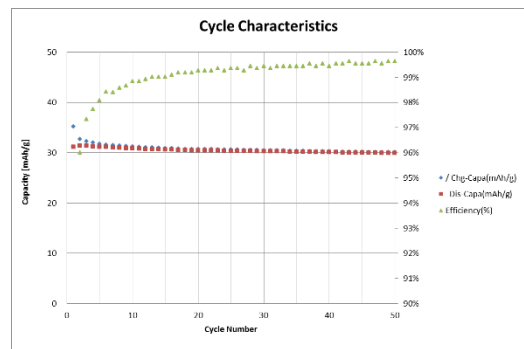


(b) EDLC のサイクル特性

(9) ヒノキ(比表面積 1027.2m²/g 全細孔容積 0.6237m³/g 平均細孔径 2.4289nm)の場合



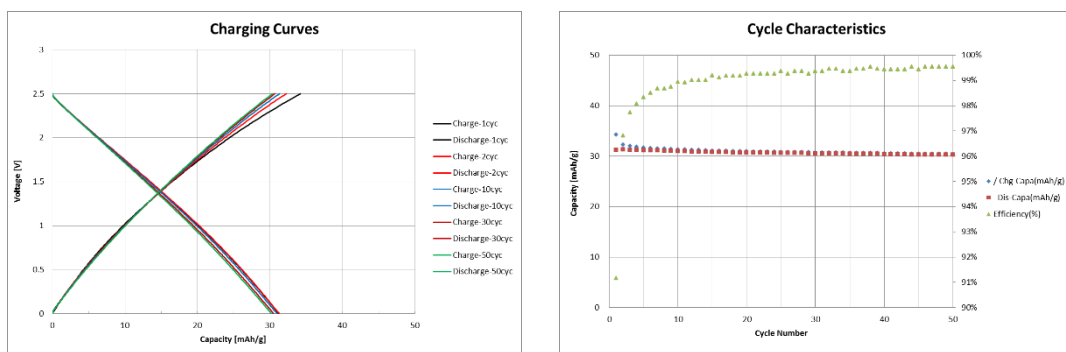
(a) EDLC の充放電曲線



(b) EDLC のサイクル特性

(10) ヒノキ(比表面積 1057.7m²/g 全細孔容積 0.6377m³/g 平均細孔径 2.4114nm)の場合

図 3.16 つづき



(a) EDLC の充放電曲線

(b) EDLC のサイクル特性

(11) ヒノキ (比表面積 1027.6 m²/g 全細孔容積 0.6411 m³/g 平均細孔径 2.4955 nm) の場合

図 3.16 つづき

3-7-3. 本事業の電気二重層キャパシタと市販品との比較について

表 3.16 は、電気二重層キャパシタと市販品のキャパシタの性能比較を示す。表 3.16 より、ヒノキ、スギの場合、放電容量は、約 32 mAh/g となる。

本事業の電気二重層キャパシタと市販品の性能（放電容量：50 mAh/g）を比較すると、小さくなっている。そのために、さらに比表面積を大きく、平均細孔径を小さくする必要がある。

表 3.16 電気二重層キャパシタと市販品の性能比較

	比表面積 (m ² /g)	平均細孔径 (nm)	放電容量 (mAh/g)
市販品	2130.0	1.7471	50
ヒノキ	1555.0	3.3807	33
スギ	1452.5	3.1517	32

3-7-4. 放電容量と比表面積との関係

図 3.17 は、放電容量と比表面積との関係を示す。図 3.17 より、ヒノキ (△ 印)、スギ (○ 印) である。

ヒノキの場合、放電容量は 30 ~ 38 mAh/g である (比表面積が 1027 ~ 1555 m²/g)。

スギの場合、放電容量は 29 ~ 31 mAh/g である (比表面積が 1070 ~ 1452 m²/g)。

ヒノキ、スギの場合、放電容量は、比表面積が大きくなると、大きくなる傾向にある。

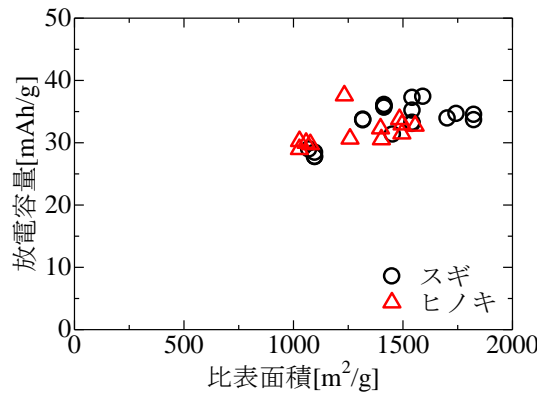


図 3.17 放電容量と比表面積の関係

3-7-5. 放電容量と平均細孔径との関係

図 3.18 は、放電容量と平均細孔径との関係を示す。図 3.18 は、ヒノキ (△印)、スギ (○印) である。

ヒノキの場合、放電容量は 30 ~ 38 mAh/g である (平均細孔径が約 2.4 ~ 約 3.4 nm)。

スギの場合、放電容量は 29 ~ 31 mAh/g である (平均細孔径が約 2.7 ~ 約 3.1 nm)。

ヒノキ、スギの場合、放電容量は、平均細孔径が大きくなると、大きくなる傾向にある。

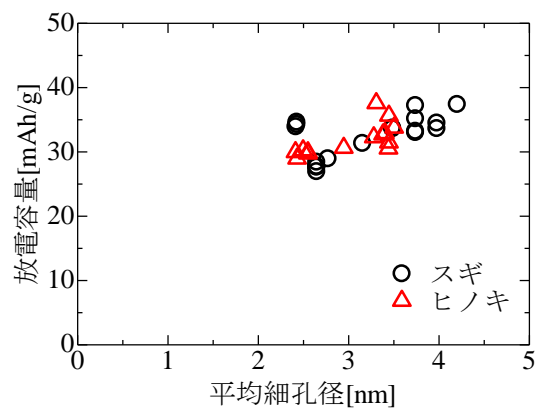


図 3.18 放電容量と平均細孔径の関係

以上の結果から、放電容量を大きくするためには、比表面積を大きくすることが必要である。