

細胞列で囲まれた厚壁で木化不十分な師部繊維群がある。木部には黄色で巨大な道管の列と 3～10 細胞列の放射組織が交互に放射状に配列する。道管は結晶細胞列で固まれた木部繊維及び木部柔細胞を伴う。柔細胞はでんぷん粒を含み、また、しばしばシュウ酸カルシウムの単晶を含む。

以上の特徴は日局性状記載に一致する。

なお、日局において、道管は「巨大」とされているが、その具体的数値は示されていないため、日局性状に合致すると判断した。

ただし、水耕栽培品は野生品と比べて、1) 道管が少ない、2) 道管径が小さい、3) シュウ酸カルシウム単晶が多い点で異なる (図 8、9)。

圃場栽培品は 1)、3) に関しては水耕栽培品と同様であり、2) の道管径に関しては、野生品と水耕栽培品の間隔的な特徴を有していた。

2. 成分含量

＜黄連＞ 全個体が日局オウレンのベルベリン含量規格値(4.2%以上)に適合しており、全試料の平均値は 7.42%であった。また、水耕液濃度を変えた試験区を比較した結果、濃度によるベルベリン含量への影響は認めなかった (図 10)。

＜甘草＞ いずれの試料も径 0.5 cm 以上及び径 0.5 cm 未満に分別し、各々についてグリチルリチン酸を測定した。水耕栽培品及び支持体養液栽培品は、いずれも市場品に比べて細く、径 0.5 cm 以上の部位がない個体もあった。

水耕栽培甘草は全試験区とも日局カンゾウのグリチルリチン酸含量規格 (2.5%以上) に不適合であった。但し、個体別では 23 検体中、1 検体は 2.88%であり、日局規格値を満たしていた。一方、支持体養液栽培甘草は、試験したすべての検体で日局含量規格に適合しており、圃場栽培甘草は北海道栽培の GuIV1 株 6 検体及び GuIV2 株 1 検体が日局規格値を満たした。(図 11～13)

3. 理化学試験

＜黄連＞ 全個体がすべての日局理化学試験項目 (確認試験 TLC、乾燥減量、灰分及び酸不溶性灰分) において、日局規格値に適合した (表 7、図 14)。

＜甘草＞ 支持体養液栽培甘草について実施した日局理化学試験のうち、確認試験 TLC、乾燥減量、酸不溶性灰分及びエキス含量はすべて日局規格値に適合していた。しかしながら、灰分は市場品と比較して高い傾向にあり、日局規格値に不適合な検体があった。

圃場栽培甘草は全項目が日局規格値に適合した (表 8、図 15)。

4. 個別元素分析

＜黄連＞ 全個体が香港生薬標準限度値 (ヒ素 2.0、カドミウム 1.0、水銀 0.2、鉛 5.0ppm) 以下であった (表 9)。

＜甘草＞ 全個体が香港生薬標準限度値 (ヒ素 2.0、カドミウム 1.0、水銀 0.2、鉛 5.0ppm) 以下であった。支持体養液栽培甘草では、ヒ素含量が高い検体を認めた (表 10)。

D. 考察

1. 性状

＜黄連＞ 道管や木部の発達が弱くなるのは、水耕栽培により水分が潤沢になったことに対する適応と考えられる。また、木部繊維群、石細胞群、師部繊維の発達が弱いのは、機械組織で植物体の強度を高める必要性が低下した結果と推定される。

＜甘草＞ 水耕栽培品は野生品に比べて道管径が小さいが、これは水耕栽培では水分が潤沢にあり、水分の通道にそれほど資源分配しなくてもよいよう適応した結果と推定される。また、シュウ酸カルシウム単晶が多数見られることは、養液中の塩類が野生状態に比べて多いことと対応している可能性が示唆される。

2. 成分含量

＜黄連＞ 水耕栽培黄連全個体のベルベリン平均値は7.42%であり、市場品5検体の平均値6.15%と比較して高い傾向であった。水耕栽培により日局のベルベリン規格値を満たす黄連の栽培が可能であることが確認された。

＜甘草＞ 水耕栽培甘草はグリチルリチン酸が日局規格値を満たす個体が1個体のみであった。試験区を比較すると、循環栽培方式は非循環方式と比較して、含量が高い傾向であった。また、栽培期間29ヶ月は14ヶ月と比較して含量が低く、栽培期間が長い個体でも、日局規格値への適合は認めなかった。グリチルリチン酸含量に対しては、栽培期間よりも循環方式の影響が大きいことが示唆された（図11）。

3. 理化学試験

黄連、甘草とも乾燥減量、酸不溶性灰分については市場品とほぼ同様の範囲にあった。灰分は、市場品よりも高い傾向があった。要因としては、水耕栽培時に使用する養液中の無機塩類の影響が考えられた。

4. 個別元素分析

＜黄連＞ 水耕栽培黄連のヒ素及び水銀含量は市場品と比較してほぼ同様の範囲にあった。カドミウムと鉛含量は市場品と比較して特に低い傾向であり、水耕栽培品の有用性が示唆された。

＜甘草＞ 支持体養液栽培甘草において、ヒ素含量が高かった要因として、養液中の成分組成の影響が考えられた。

更にGuIV1の方がGuIV2よりもヒ素含量が高い個体が多かったことから、株(クローン)による差の可能性も考えられた。

E. 結論

人工水耕栽培システムにより生産された黄連及び甘草について日局試験及び個別元

素分析を実施した。

黄連は水耕液(大塚A処方)の濃度を変えた4試験区15個体について、日局試験(性状、乾燥減量、成分定量、確認試験、灰分、酸不溶性灰分)及び個別元素を測定した。甘草は水耕栽培月数、循環量が異なる2株(クローン)23検体について、グリチルリチン酸を定量した。また、水耕栽培甘草の特徴を明らかとするために、同様の苗で支持体を用いた養液栽培甘草及び圃場栽培(北海道、つくば、種子島)甘草について性状の確認及びグリチルリチン酸の定量を行い、規格に適合した試料について日局理化学試験(乾燥減量、確認試験、灰分、酸不溶性灰分、エキス含量)及び個別元素分析を実施した。

黄連、甘草とも性状は市場品と比較し、道管径が小さい等いくつか異なる傾向を認めたが、各々日局オウレン及びカンゾウに適合すると判断された。水耕栽培黄連は全個体でベルベリン含量及び理化学試験が日局規格値を満たした。一方、今回調査した水耕栽培甘草はグリチルリチン酸含量が低く、日局規格値(2.5%以上)を満たした検体は1個体のみであった。支持体養液栽培甘草は全個体、圃場栽培甘草は北海道栽培品でグリチルリチン酸含量が日局規格値を満たした。水耕栽培黄連および支持体養液栽培甘草は灰分が高い傾向を認め、使用した水耕液中の無機塩類の影響が考えられた。灰分以外の理化学試験は日局規格に適合した。

水耕栽培においては、使用する養液の組成が、生薬の品質に影響を及ぼす可能性が示唆された。

F. 研究発表

1. 論文発表

特になし。

2. 学会発表

特になし。

G. 知的財産権の出願・登録状況

特になし。

表 1. 黄連試験項目

水耕栽培

株No.	試料名	水耕液濃度	内部形態	ベルベリン含量	乾燥減量	灰分 酸不溶性灰分	確認試験 TLC	元素分析
1	ours-1	1/2	○	○	-	○	-	○
2	ours-2	1/4	-	○	-	-	-	-
3	ours-3		-	○	-	○	○	○
4	ours-4		○	○	-			○
5	ours-5	1/6	-	○	○	-	-	-
6	ours-6		-	○		-	-	-
7	ours-7		-	○		-	-	-
8	ours-8		-	○	-	○	○	○
9	ours-9		○	○	-	○	○	○
10	ours-10	1/8	-	○	-			-
11	ours-11		-	○	○	-	-	-
12	ours-12		-	○		-	-	-
13	ours-13		-	○		-	-	-
14	ours-14		○	○	-	○	○	○
15	ours-15		-	○	-			○

モデル試料(市場品)

	ロット番号	産地	内部形態	ベルベリン含量	乾燥減量	灰分 酸不溶性灰分	確認試験 TLC	元素分析
	NIB-0042	四川産	-	○	○	○	○	○
	NIB-0150	重慶産	-	○	○	○	○	○
	THS-88830	静岡産	-	○	○	○	○	○
	NIB-0185	福井産	○	○	○	○	○	○
	THS-88835	湖北産	○	○	○	○	○	○

支持体養液栽培

	ロット番号	栽培年数	内部形態	ベルベリン含量	乾燥減量	灰分 酸不溶性灰分	確認試験 TLC	元素分析
	CjWT	1年	○	-	-	-	-	-

○：試験実施

－：試験非実施

表 2. 水耕栽培甘草試験項目

株No.	クローン名	栽培月数	循環量	径	内部形態	乾燥減量	グリチルリチン酸	
1	GuIV1	14	13L/min	0.5cm以上	-	○	○	
				0.5cm未満	-	○	○	
2				0.5cm以上	○	-	○	
				0.5cm未満	○	○	○	
3				0.5cm以上	-	-	○	
				0.5cm未満	-	○	○	
4			14L/min	0.5cm以上	-	○	○	
				0.5cm未満	-	-	○	
6				0.5cm以上	-	-	○	
				0.5cm未満	-	-	○	
8				11	0.5cm以上	-	-	○
					0.5cm未満	-	○	○
9		14	16L/min	0.5cm以上	-	-	○	
				0.5cm未満	-	-	○	
11				0.5cm以上	○	-	○	
				0.5cm未満	○	○	○	
12				0.5cm以上	-	-	○	
				0.5cm未満	-	○	○	
14			17L/min	0.5cm以上	-	-	○	
				0.5cm未満	-	○	○	
15				0.5cm以上	-	-	○	
				0.5cm未満	-	○	○	
16				0.5cm以上	-	-	○	
				0.5cm未満	-	○	○	
18			20L/min	0.5cm以上	-	○	○	
				0.5cm未満	-	○	○	
19				0.5cm以上	○	-	○	
				0.5cm未満	○	-	○	
20				0.5cm以上	-	-	○	
				0.5cm未満	-	-	○	
29			非循環	0.5cm以上	○	-	○	
				0.5cm未満	○	○	○	
30				0.5cm以上	-	-	○	
	0.5cm未満			-	○	○		
31	0.5cm以上			-	-	○		
	0.5cm未満			-	○	○		
32	0.5cm以上	-		-	○			
	0.5cm未満	-		○	○			
33	0.5cm以上	-		-	○			
	0.5cm未満	-		○	○			
34	GuIV2	14		0.5cm以上	-	-	○	
				0.5cm未満	-	○	○	
35			0.5cm以上	-	-	○		
			0.5cm未満	-	○	○		
36		29	0.5cm以上	○	-	○		
			0.5cm未満	○	○	○		

○：試験実施

－：試験非実施

表 3. 支持体養液栽培（ハイドロボール水耕及びパミス水耕）甘草試験項目

株No.	クローン名	植物名称	苗の種類	支持体	径	内部形態	乾燥減量	グリチルリチン酸	灰分	酸不溶性灰分	希エタ	確認試験 TLC	元素分析
1	GuIV1	GuIV1S1 (101130)	ストロン	ハイドロボール	0.5cm以上	-	○	○	○	○	○	○	○
					0.5cm未満	-	○	○	○	○	○	-	○
2	GuIV1	GuIV1S2 (101130)	ストロン	ハイドロボール	0.5cm以上	-	○	○	○	○	-	-	-
					0.5cm未満	-	○	○	○	○	○	○	○
3	GuIV1	GuIV1S5 (101130)	ストロン	ハイドロボール	0.5cm以上	-	○	○	○	○	-	-	-
					0.5cm未満	-	○	○	-	-	-	-	-
4	GuIV1	GuIV1S2 (120126)②	ストロン	パミスサンド	0.5cm未満	-	-	○	-	-	-	-	-
5	GuIV1	GuIV1S2 (120126)③	ストロン	パミスサンド	0.5cm未満	-	○	○	-	-	-	-	-
6	GuIV1	GuIV1S5 (120126)②	ストロン	パミスサンド	0.5cm未満	-	○	○	-	-	-	-	-
7	GuIV2	GuIV2H2① (110803)	地上茎	パミスサンド	0.5cm以上	-	○	○	○	○	○	○	○
					0.5cm未満	-	○	○	○	○	○	-	○
8	GuIV2	GuIV2H2① (111220)	地上茎	パミスサンド	0.5cm以上	-	-	○	○	○	-	-	-
					0.5cm未満	-	○	○	○	○	-	-	○
9	GuIV2	GuIV2H4③' #3Rh2	ストロン	パミスサンド	0.5cm以上	-	○	○	○	○	○	○	○
					0.5cm未満	-	○	○	○	○	-	○	○

○：試験実施

—：試験非実施

表 4. 圃場栽培甘草試験項目

株No.	試料名	クローン名	栽培地	径	内部形態	乾燥減量	グリチルリチン酸	灰分	酸不溶性灰分	希エタ	確認試験 TLC	元素分析
1	IV1-HK1	GuIV1	北海道	0.5cm以上	○	○	○	○	○	○	○	○
				0.5cm未満	○	○	○	○	○	○	○	○
2	IV1-HK2	GuIV1	北海道	0.5cm以上	-	○	○	○	○	○	○	○
				0.5cm未満	-	○	○	○	○	○	○	○
3	IV1-HK3	GuIV1	北海道	0.5cm以上	-	-	○	○	○	○	○	○
				0.5cm未満	-	○	○	○	○	○	○	○
4	IV2-HK1	GuIV2	北海道	0.5cm以上	○	○	○	-	-	-	-	○
				0.5cm未満	○	○	○	-	-	-	-	○
5	IV2-HK2	GuIV2	北海道	0.5cm以上	-	-	○	-	-	-	-	○
				0.5cm未満	-	-	○	-	-	-	-	○
6	IV2-TS	GuIV2	つくば	0.5cm以上	○	○	○	-	-	-	-	○
				0.5cm未満	○	○	○	-	-	-	-	○
7	IV2-TN1	GuIV2	種子島	0.5cm以上	○	○	○	-	-	-	-	○
				0.5cm未満	○	-	○	-	-	-	-	○
8	IV2-TN2	GuIV2	種子島	0.5cm以上	-	○	○	-	-	-	-	○
				0.5cm未満	-	○	○	○	○	○	○	○

○：試験実施

—：試験非実施

表 5. 黄連重量測定

試料番号	外皮除去後試料(g)	外皮(g)	外皮比率(%)
ours-1	1.51	0.45	23.0
ours-2	0.56	0.09	14.1
ours-3	2.47	0.55	18.3
ours-4	3.08	0.86	21.7
ours-5	1.30	0.10	6.9
ours-6	1.62	0.18	10.1
ours-7	1.51	0.38	20.2
ours-8	2.99	0.40	11.8
ours-9	2.96	0.31	9.5
ours-10	0.71	0.17	19.5
ours-11	1.29	0.15	10.2
ours-12	1.51	0.27	15.0
ours-13	1.57	0.23	12.9
ours-14	3.18	0.61	16.2
ours-15	3.73	0.35	8.6

表 6. 甘草重量測定

	試料名	クローン 名	分析部位重量		φ 0.5cm以上の 比率(%)
			φ 0.5cm以上(g)	φ 0.5cm未満(g)	
水耕栽培甘草	1	GuIV1	37.12	32.38	53.41
	2		15.43	26.97	36.39
	3		18.63	27.39	40.48
	4		21.13	24.55	46.26
	6		8.60	22.27	27.86
	8		5.83	15.92	26.80
	9		17.85	33.81	34.55
	11		10.94	15.80	40.91
	12		11.62	28.39	29.04
	14		11.51	24.84	31.66
	15		18.42	23.74	43.69
	16		14.22	25.45	35.85
	18		24.37	20.99	53.73
	19		15.81	12.56	55.73
	20		18.02	17.29	51.03
	29			26.62	
	30		15.16	22.74	40.00
	31		7.08	23.95	22.82
	32		8.46	24.09	25.99
	33		13.05	23.87	35.35
	34	GuIV2	8.8	22.95	27.72
	35		0.98	25.04	3.77
	36		15.19	29.83	33.74
支持体養液栽培 甘草	GuIV1S1(101130)	GuIV1	11.58	7.09	62.0
	GuIV1S2(101130)		7.33	6.62	52.5
	GuIV1S5(101130)		4.78	3.64	56.8
	GuIV1S2(120126)②			2.52	
	GuIV1S2(120126)③			5.85	
	GuIV1S5(120126)②			4.40	
	GuIV2H2①(110803)	GuIV2	24.05	4.68	83.7
	GuIV2H2①(111220)		4.02	7.81	34.0
	GuIV2H4③#3Rh2		15.69	12.93	54.8
圃場栽培甘草	IV1-HK1	GuIV1	18.33	17.12	51.71
	IV1-HK2		18.13	26.87	40.29
	IV1-HK3		7.35	22.07	24.98
	IV2-HK1	GuIV2	12.51	7.57	62.30
	IV2-HK2		6.17	6.36	49.24
	IV2-TS		18.80	4.30	81.39
	IV2-TN1		34.30	4.93	87.43
	IV2-TN2		15.19	7.30	67.54

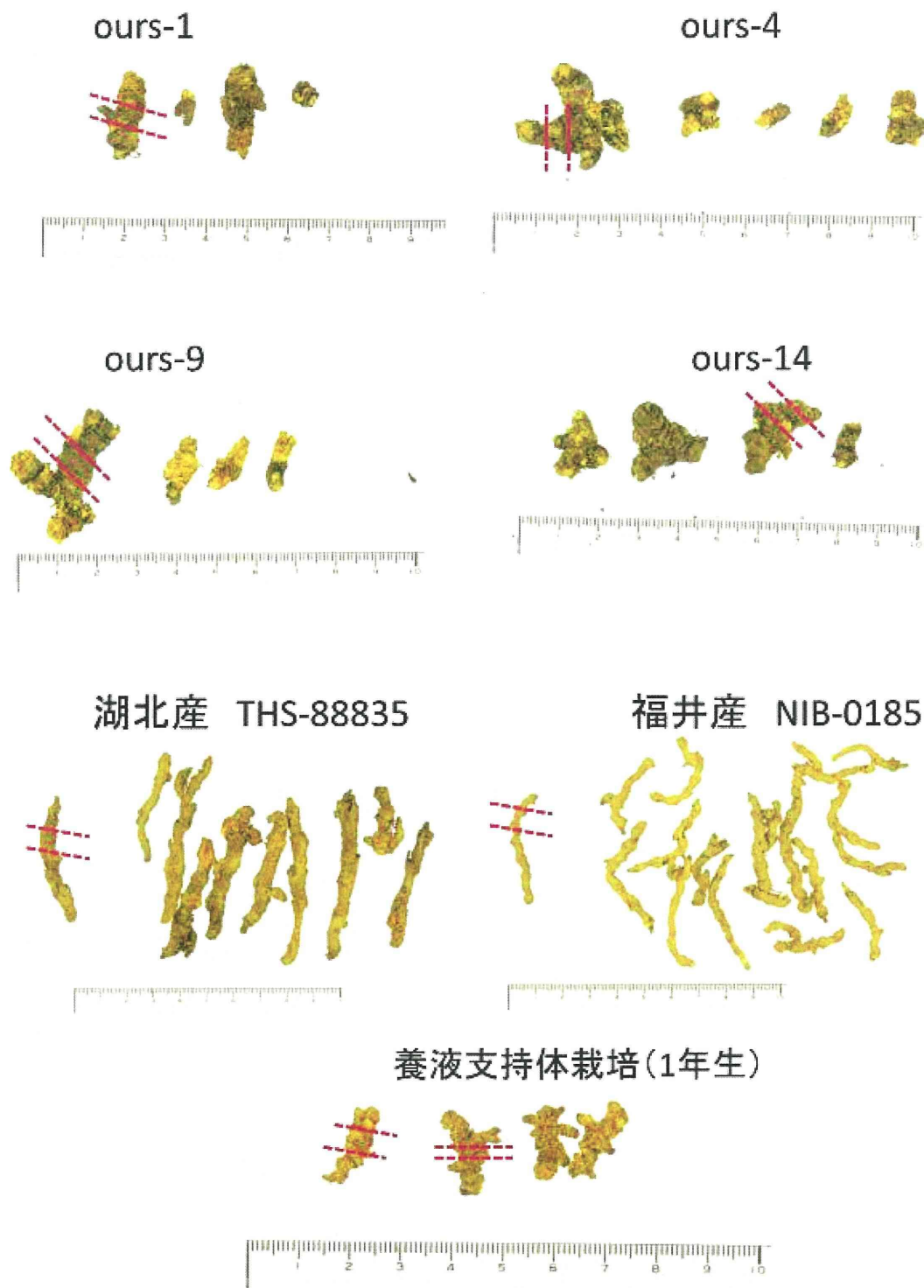
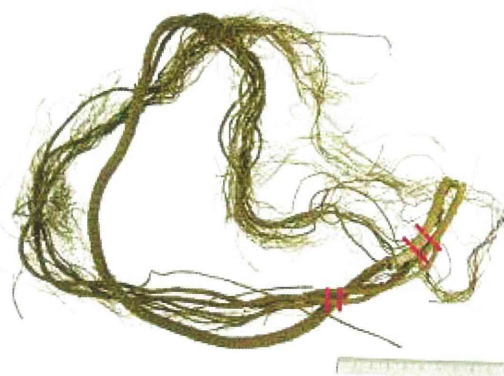


図 1. 水耕栽培黄連の外部形態及び内部形態の調査場所

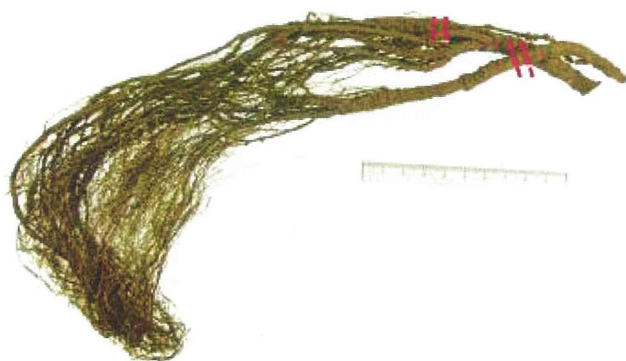
No.2



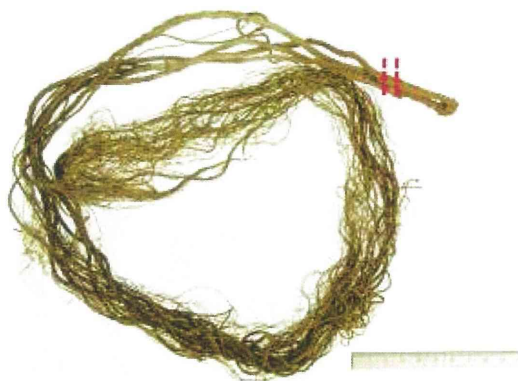
No.11



No.19



No.29

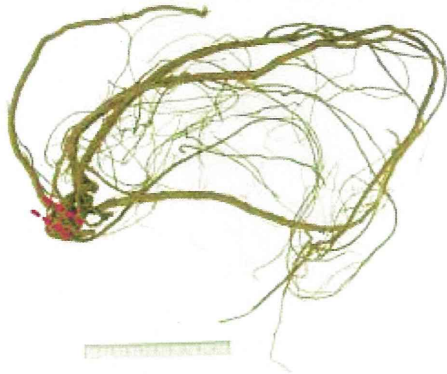


No.36



図 2. 水耕栽培甘草の外部形態及び内部形態の調査場所

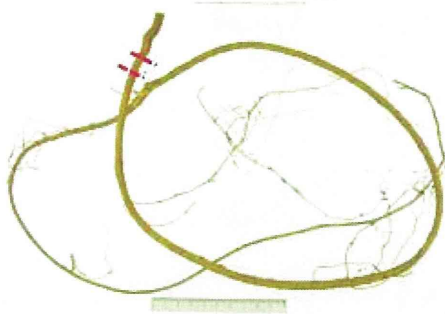
IV1-HK1(北海道)



IV2-HK2(北海道)



IV1-TS (つくば)



IV2-TN1(種子島)



図 3. 圃場栽培甘草の外部形態及び内部形態の調査場所

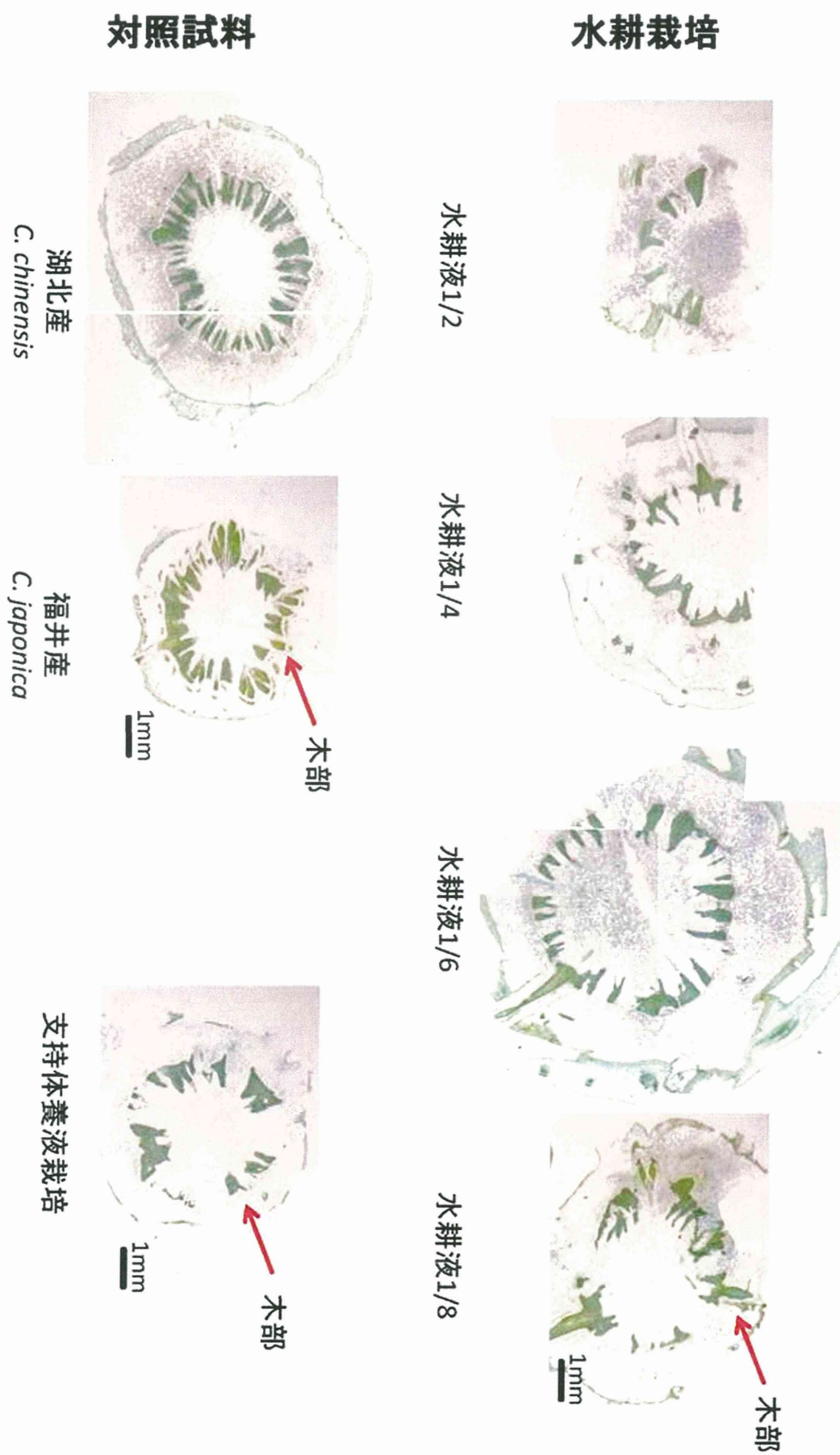


図 4. オウレンにおける水耕栽培品、支持体溶液栽培品、市場品の横切片性状比較 (全景)

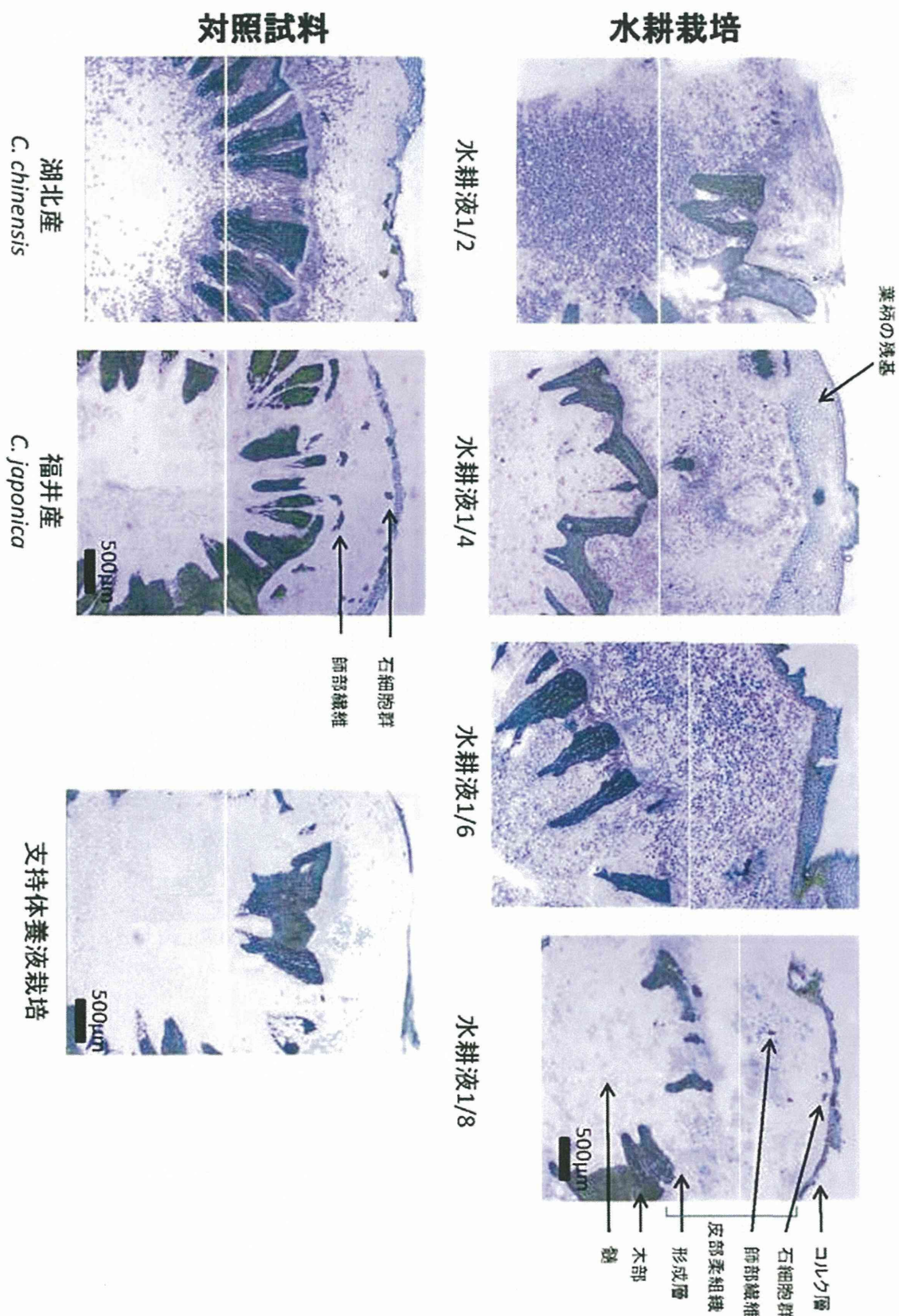


図 5. オウレンにおける水耕栽培品、支持体養液栽培品、市場品の横切片性状比較 (拡大)

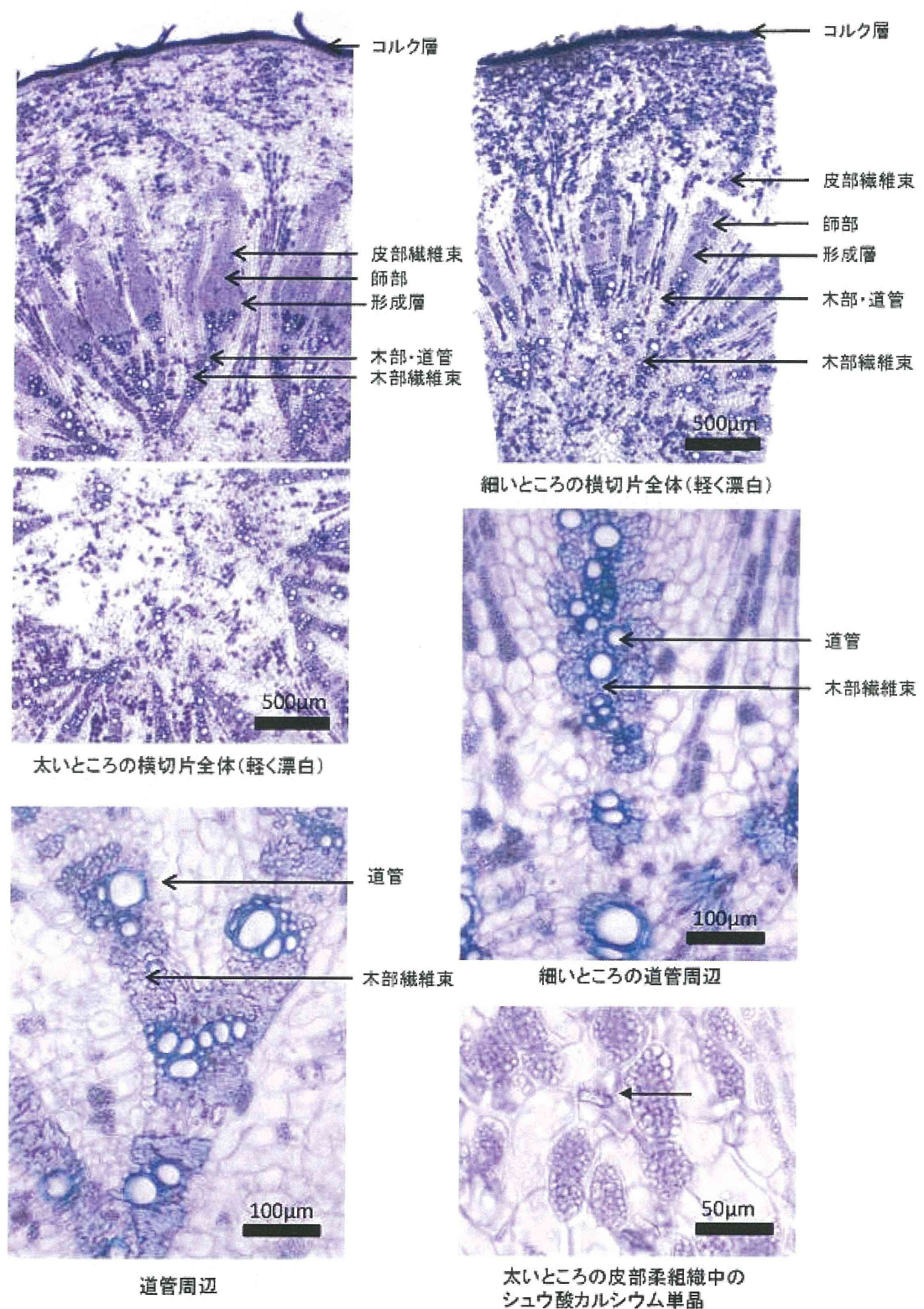
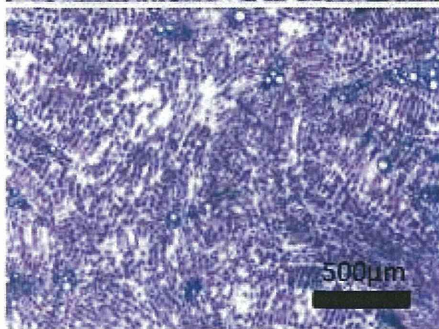
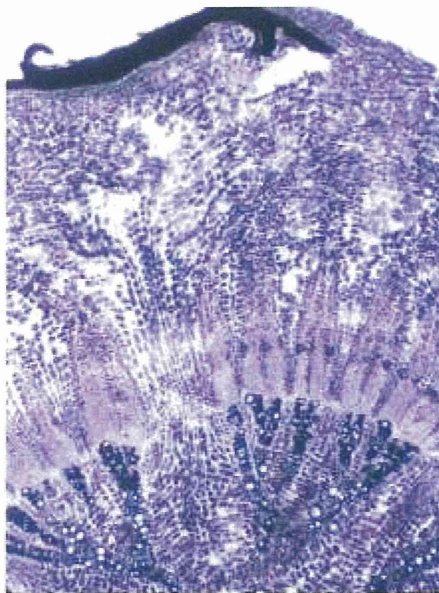
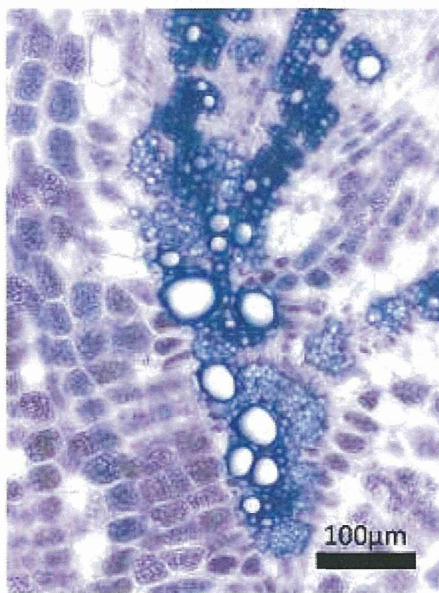


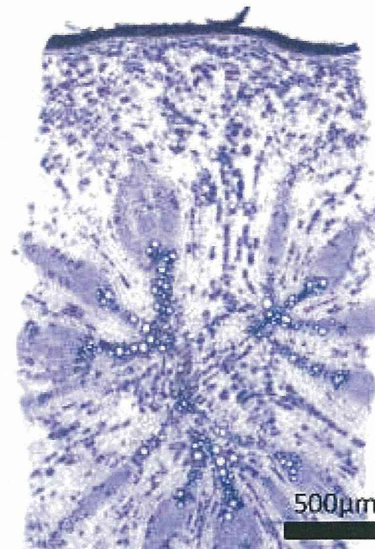
図 6-1. 水耕栽培品甘草 No. 2 (GuIV1、循環量 13L/min、栽培月数 14 ヶ月) の横切片鏡検図



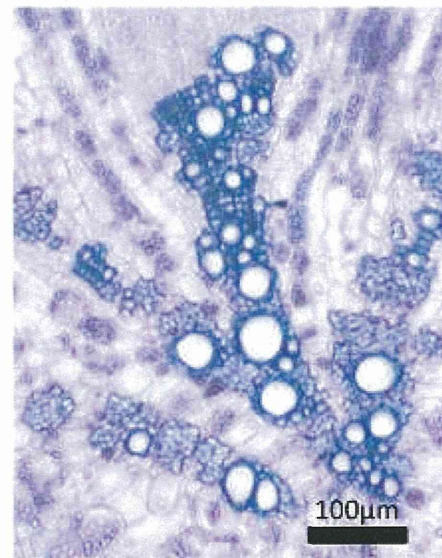
太いところの横切片全体(軽く漂白)



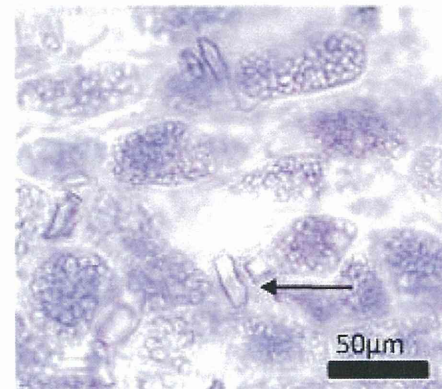
太いところの道管周辺



細いところの横切片全体(軽く漂白)

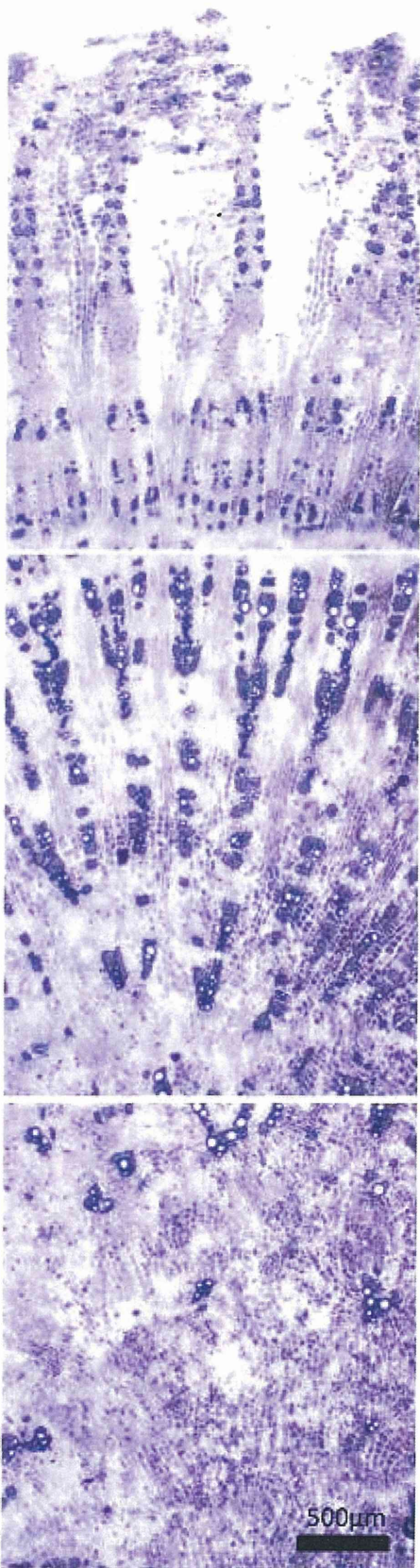


細いところの道管周辺

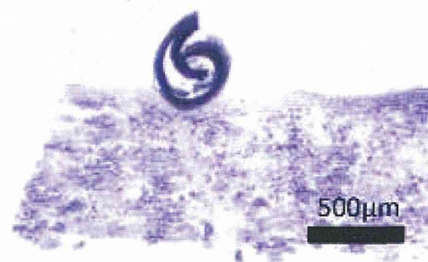


太いところの皮部柔組織中の
シュウ酸カルシウム単晶

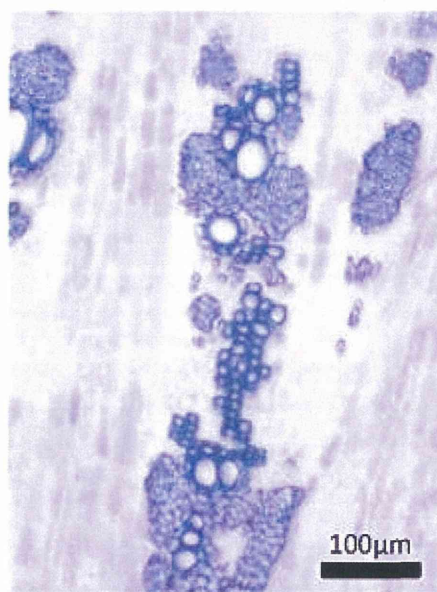
図 6-2. 水耕栽培品甘草 No. 11 (GuIV1、循環量 16L/min、栽培月数 14 ヶ月) の横切片鏡検図



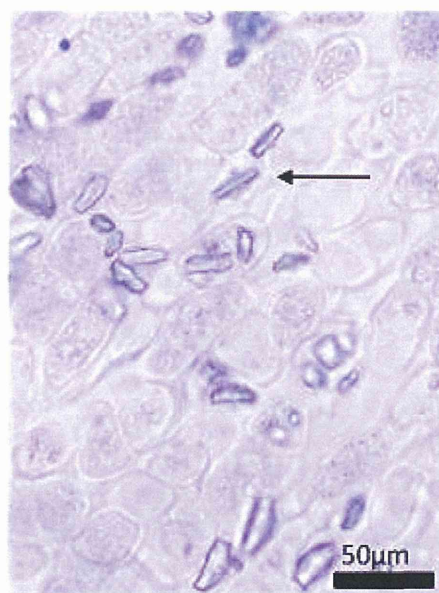
太いところの横切片全体(軽く漂白)



太いところの横切片全体2(軽く漂白)

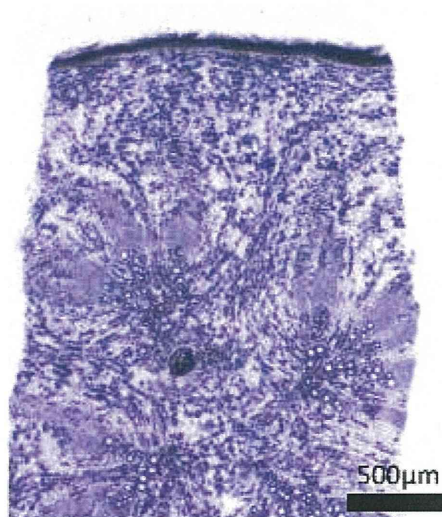


太いところの道管周辺

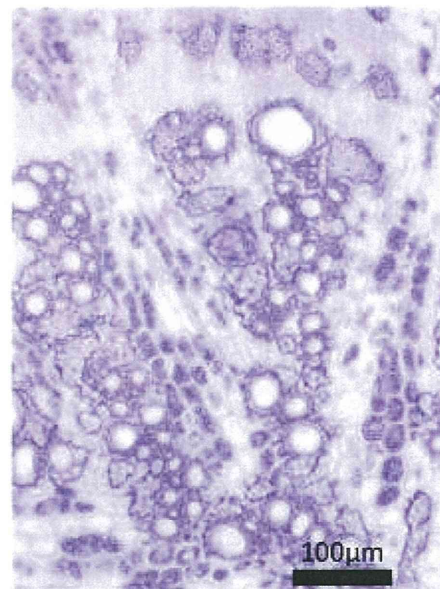


太いところの皮部柔組織中のシュウ酸カルシウム単晶

図 6-3. 水耕栽培品甘草 No. 19 (GuIV1、循環量 20L/min、栽培月数 14 ヶ月) の横切片鏡検図

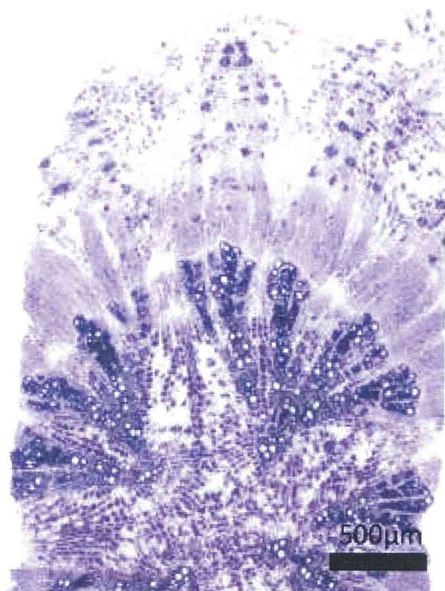


細いところの横切片全体(軽く漂白)



細いところの道管周辺

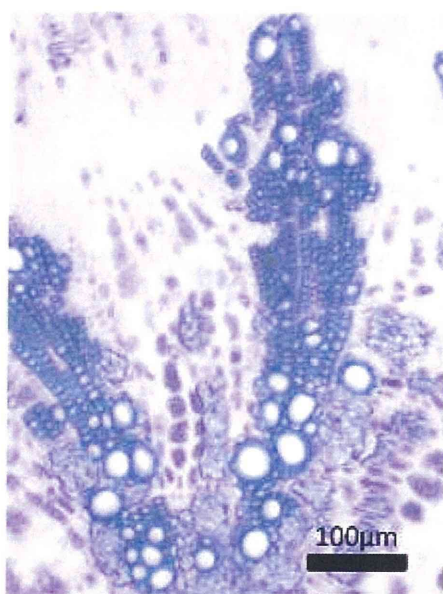
図 6-3. 続き



横切片全体(軽く漂白)

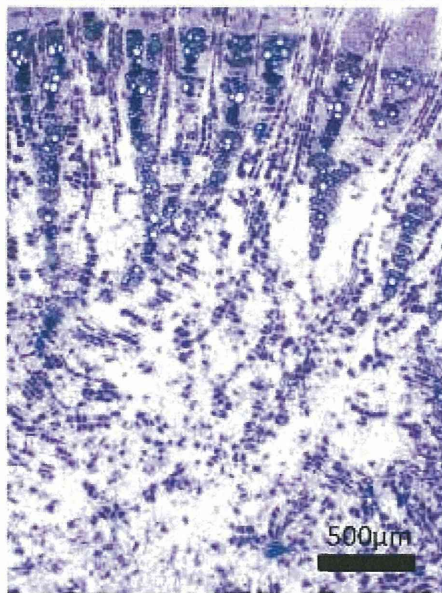
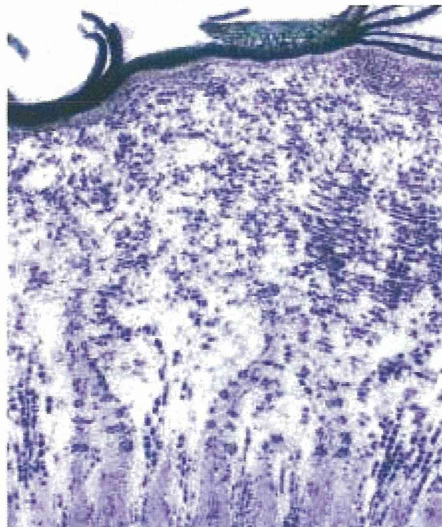


皮部柔組織中の
シュウ酸カルシウム単晶

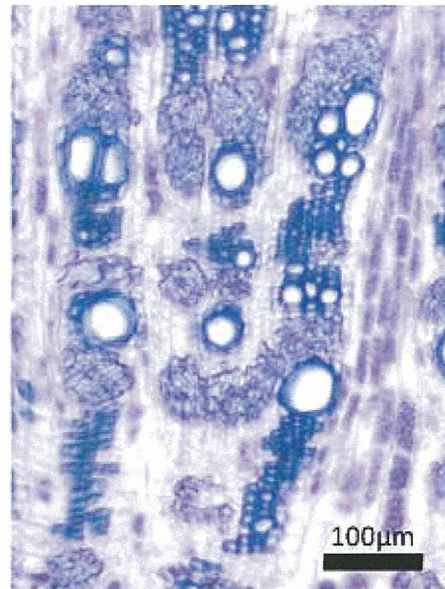


道管周辺

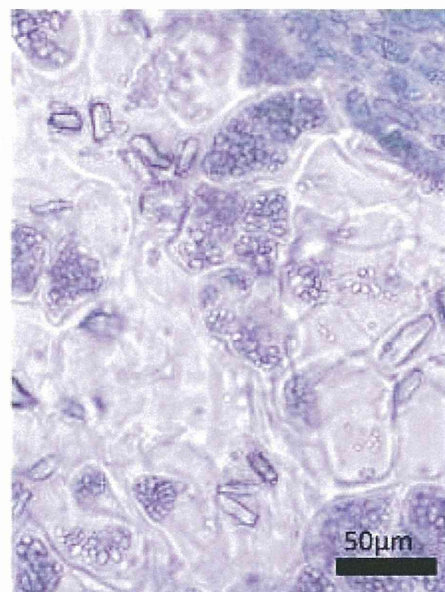
図 6-4. 水耕栽培品甘草 No. 29 (GuIV1、循環量一般、栽培月数 14 ヶ月) の
横切片鏡検図



太いところの横切片全体(軽く漂白)

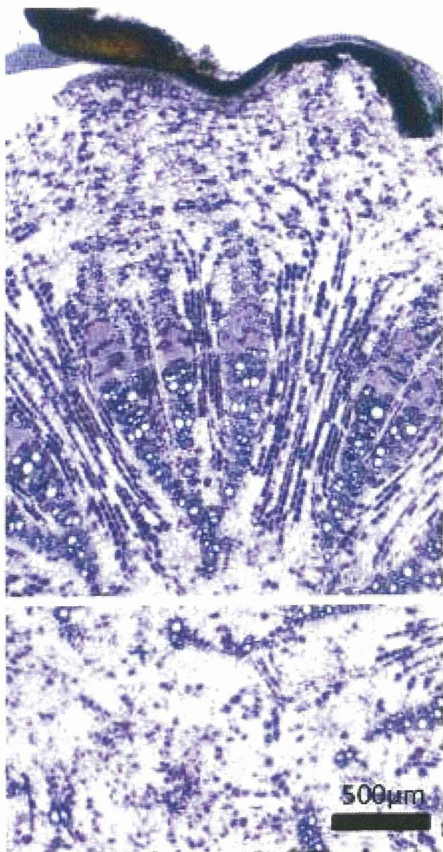


太いところの道管周辺



太いところの皮部柔組織中の
シュウ酸カルシウム単晶

図 6-5. 水耕栽培品甘草 No. 36 (GuIV1、循環量一般、栽培月数 29 ヶ月) の
横切片鏡検図

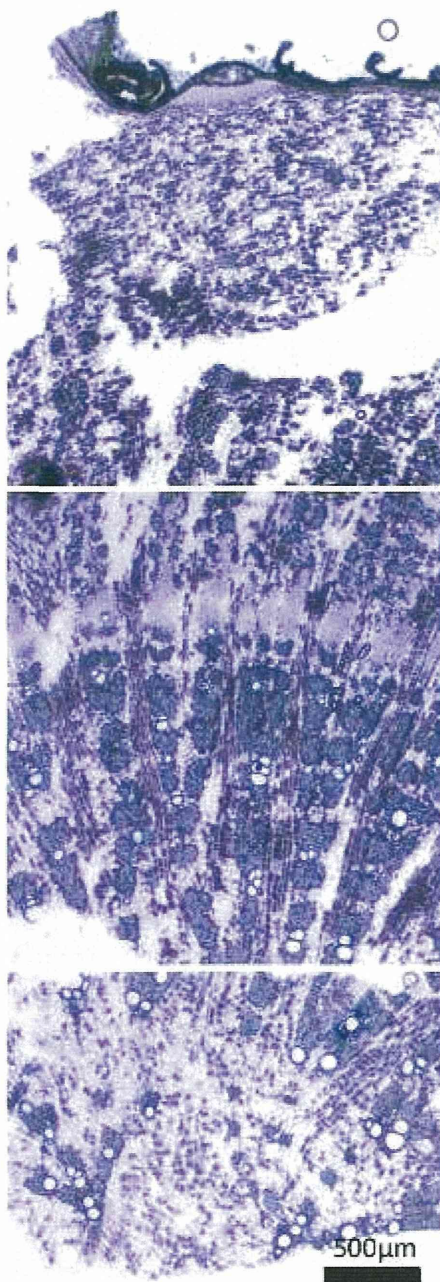


細いところの横切片全体(軽く漂白)

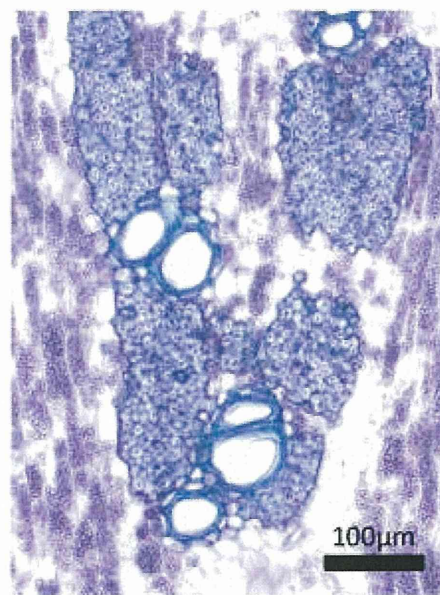


細いところの道管周辺

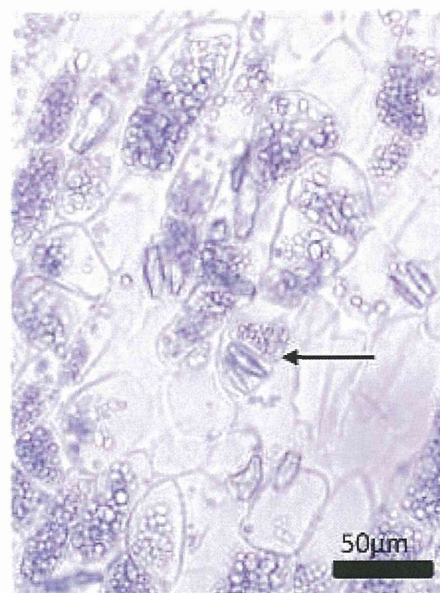
図 6-5. 続き



太いところの横切片全体(軽く漂白)

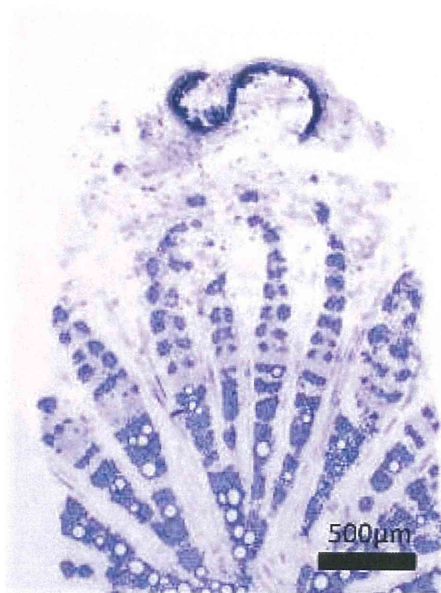


太いところの道管周辺

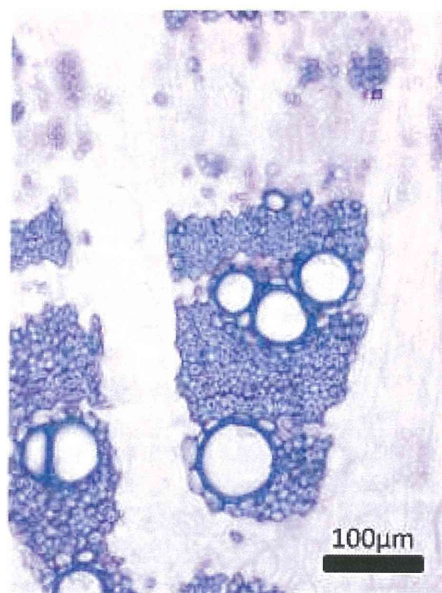


太いところの皮部柔組織中の
シュウ酸カルシウム単晶

図 7-1. 圃場栽培品甘草 IV1-HK1 (北海道栽培) の横切片鏡検図



細いところの横切片全体(軽く漂白)



道管周辺

図 7-1. 続き