

安全・安心な乾燥材生産技術の開発(Ⅲ)

ーカラマツ推奨・非推奨乾燥材の強度特性(1) 試験体の調製ー

柴田直明・吉田孝久・今井信・山内仁人・守口海*

新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「安全・安心な乾燥材生産技術の開発」(2009～2011年度)の一環として、カラマツ120mm心持ち正角を試験対象とし、高温下での処理時間を変えた推奨乾燥材と非推奨乾燥材の強度特性を比較した。本報では、それらの試験体の調製について記す。カラマツ4m正角として2グループ、計100本を調製したが、いずれもほぼ予定通りに仕上げられた。製材直後とモルダ仕上げ後の縦振動法ヤング係数は、高い相関を示した。各正角からの3種類の試験体鋸断位置についても明記した。

キーワード：カラマツ、心持ち正角、高温セット乾燥、乾燥スケジュール、強度低下

1 緒言

材面割れを軽減させるために蒸気式高温セット乾燥が広く行われるようになったが、過度な高温乾燥では内部割れが発生し、強度低下が懸念される。また、特にカラマツにおいては、高温処理による熱劣化も指摘されている。

そこで、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「安全・安心な乾燥材生産技術の開発」(2009～2011年度、中核機関：石川県林業試験場)の一環として、推奨乾燥スケジュールと非推奨乾燥スケジュールによって高温セット乾燥を実施した材の強度特性を比較した。

なお、本試験においては、当センターはカラマツ120mm心持ち正角を担当した。

本報では、それらの試験体の調製について報告する¹⁾。

2 試験の方法

生材状態のカラマツ丸太から145×145×4,000mmの心持ち正角100本を製材し、その直後に縦振動法によるヤング係数(以下、Efr)を測定して、直ちに2グループに仕分けた。仕分けに当たっては、正角寸法はmm単位まで、重量は0.001kgの単位まで測定した。また、縦振動数はハンディグレーダーHD-2001〔楸エーティーエー〕を用いて測定した。

2グループの正角は、推奨乾燥スケジュール(表-1)と非推奨乾燥スケジュール(表-2)によって、高温セット乾燥を実施した。

以下、推奨乾燥スケジュールによって乾燥した正角を「推奨乾燥材」、非推奨乾燥スケジュールによって乾燥した正角を「非推奨乾燥材」と記す。

高温セット乾燥後は、棧積み状態のまま室内に保管して約4ヶ月間養生した上で、モルダにより120mm正角に仕上げた。

なお、養生後のねじれが大きく、4m材のままではモルダ仕上げが困難と思われた材は、2.5m弱(曲げ試験体用)と1.5m強に鋸断した上でモルダにかけた。

4m材のままモルダ仕上げをした材は、上述の製材直後と同様に、Efrを求めた。その際には、デジタルノギスを用い、正角の幅と厚さを0.01mmの単位まで測定した。

次いで、モルダ仕上げした各50本の材から、強度試験体をそれぞれ40本ずつ選別した。強度試験体の選別に当たっては、各50本を製材直後の密度の昇順に並べ変え、16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34番目の材を除外した。

各40本の強度試験体は、図-1により、曲げ・曲げせん断・めり込み試験体に切り分けた。同図の木口aは、丸太時の元口側とした。正角の元末は、節の流れ方等から判断した。

鋸断位置は、前報²⁾の2.1と同様の方法で決定した。試験体長も、前報と同様、曲げ試験体を2,400mm、曲げせん断試験体及びめり込み試験体を720mmとした。

図-1の①③⑤⑦は長さ約30mmの含水率試片で、鋸断後直ちに重量を測定するとともに、スキャナーにかけて内部割れ等の状態を記録した。その後、全乾法により鋸断時の含水率を求めた。

3 結果と考察

製材直後の4m正角の諸データ、Efr及び密度を、推奨・非推奨乾燥材別に表-3, 4に示す。2

*平成23年度臨時研究員

グループは、Efr とともに、密度についてもほぼ均等に仕分けられていた。

また、これらの表にはモルダ仕上げ直後に測定した、4 m材のEfr と密度も併記した。モルダ仕上げ後のEfr と密度が空欄になっている材は、乾燥・養生後のねじれが大きく、モルダ仕上げ前に鋸断したことを示す。

製材直後とモルダ仕上げ直後のEfr をともに測定した材について比較すると、モルダ仕上げ後のEfr の方が若干小さくなっていた。しかし、製材直後のEfr との相関は高かった(図-2, 3)。

強度試験体として各 40 本を選別した際に除外した材(各 10 本)は、表-3, 4 の備考欄に「予備」と記載した。

図-1 によって作製した試験体の実際の鋸断位置を、表-5 に示す。各試験体の鋸断位置は、ほぼ分散できたと思われる。

上記で鋸断した含水率試片の全乾法による含水率を、表-6 に示す。正角ごとの含水率には若干のバラツキ(高低)が認められたが、この時点での含水率としてはほぼ想定範囲内かと思われる。

非推奨乾燥材の含水率は4ヶ月間の養生後でも若干小さかったが、これは高温下での乾燥時間が長かったので、平衡含水率が低下したものと思われる。

表-3, 4 において、ねじれが大きく、モルダ仕上げ前に鋸断した材は、非推奨乾燥材の方が多かった。モルダ仕上げ時の含水率は非推奨乾燥材の方が低かったため、ねじれも大きくなったものと思われる。

4 結言

本報では、緒言に記した事業の中段で実施した推奨・非推奨乾燥材の強度特性試験の内、その試験体の調製についてのみ記した。ほぼ予定通りの調製ができたと思われる。

これらの試験体は、節・材面割れ等の欠点調査をした上で、それぞれの強度試験に供した。各強度試験の結果については、別途報告する。

謝辞

本研究は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「安全・安心な乾燥材生産技術の開

発」(2009~2011 年度, 中核機関: 石川県林業試験場)の一環として実施した。

当該中課題責任者の加藤英雄氏(森林総合研究所)をはじめ、本事業の関係各位には多くのご指導をいただいた。

また、本試験の遂行に当たっては、信州大学農学部の院生・学生諸氏、蒲原静子氏、五味妙子氏らの補助を得た。

関係する皆様に、厚く御礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 柴田直明・吉田孝久・今井信・守口海(2012) 安全・安心な乾燥材生産技術の開発(2) —カラマツ心持ち正角の推奨・非推奨乾燥スケジュールと曲げ強度性能—, 長野県林業総合センター平成 23 年度業務報告, p.100-101
- 2) 柴田直明・伊東嘉文・吉田孝久・山内仁人(2013) 安全・安心な乾燥材生産技術の開発(II) —過度の高温乾燥材の強度特性(1) 試験体の調整—, 長野県林業総合センター研究報告, 第 27 号, p.123-132

表-1 カラマツの推奨乾燥スケジュール

時間(h)	乾球温度(°C)	湿球温度(°C)	備考
10	95	95	昇温・蒸煮
18	120	90	高温セット
168	90	60	中温乾燥

表-2 カラマツの非推奨乾燥スケジュール

時間(h)	乾球温度(°C)	湿球温度(°C)	備考
10	95	95	昇温・蒸煮
24	120	90	高温セット
24	110	80	高温乾燥
240	90	60	中温乾燥

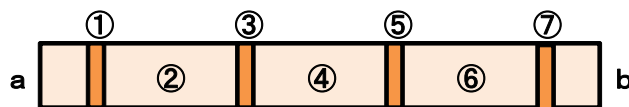


図-1 4 m材からの各種試験体の鋸断方法

①~⑦: 試験体記号, a: 元口側, b: 末口側

表-3 製材及びモルダ仕上げ直後の推奨乾燥材の諸データ

----- 製材後 -----								モルダ仕上げ後		
正角 No.	寸法 (mm)			重量 (kg)	縦振動数 (Hz)	Efr (kN/mm ²)	密度 (kg/m ³)	Efr (kN/mm ²)	密度 (kg/m ³)	備考
	幅	厚	長さ							
2	145	148	4,099	59.410	524	12.46	675	10.80	560	予備
5	147	148	4,102	57.919	549	13.17	649	12.05	551	予備
6	148	146	4,106	55.954	571	13.87	631	12.77	536	
7	147	148	4,105	71.523	478	12.33	801	10.57	674	
8	147	148	4,099	57.128	495	10.55	641	10.15	525	予備
9	147	147	4,125	55.703	500	10.63	625	10.36	522	予備
10	146	148	4,121	60.278	468	10.07	677	9.95	539	
11	148	148	4,125	53.245	532	11.35	589			
15	147	146	4,163	63.353	458	10.31	709	9.93	591	
16	147	145	4,191	64.049	480	11.61	717	11.05	601	
17	147	146	4,155	69.375	466	11.67	778	10.25	652	
18	146	147	4,268	49.319	493	9.54	538	9.15	462	
21	147	145	4,031	47.414	529	10.04	552			
23	146	147	4,063	57.728	546	13.03	662	12.14	565	
26	147	148	4,062	65.410	522	13.31	740	13.48	627	
27	146	149	4,199	55.517	534	12.22	608	11.88	527	
29	147	147	4,174	55.780	505	10.99	618	10.37	527	
32	147	146	4,078	46.817	517	9.51	535			
33	148	149	4,136	46.305	544	10.28	508	9.76	447	
34	148	146	4,138	49.321	537	10.89	552	10.67	461	
38	146	148	4,120	62.535	454	9.83	702			
42	147	147	4,160	50.618	541	11.41	563	10.72	476	
43	148	147	4,180	60.187	490	11.11	662	10.97	567	予備
47	147	145	4,122	59.586	500	11.52	678	11.16	554	
49	148	146	4,098	54.799	505	10.60	619	9.98	509	
51	145	146	4,241	60.273	527	13.41	671	11.39	505	
52	147	148	4,229	54.647	502	10.71	594	9.87	479	
55	145	145	4,155	56.209	554	13.64	643	12.42	542	
58	147	144	4,160	53.350	495	10.28	606	9.63	511	予備
59	145	147	4,120	48.795	527	10.48	556	10.11	481	
63	147	146	4,110	58.193	532	12.62	660	11.16	545	
64	145	146	4,257	55.482	512	11.70	616	11.46	522	予備
65	147	147	4,122	66.144	480	11.63	743	10.75	615	
68	148	148	4,192	64.731	515	13.14	705	12.57	598	
71	147	146	4,113	53.765	546	12.29	609	11.64	509	予備
72	145	148	4,394	70.758	468	12.69	750	11.30	629	
73	147	148	4,225	56.852	422	7.86	619	7.47	510	予備
75	146	145	4,292	52.814	451	8.71	581	7.96	485	
79	145	148	4,119	71.456	444	10.82	808	9.55	673	
81	146	148	4,131	53.419	493	9.93	598	9.44	518	
83	148	145	4,118	61.664	485	11.13	698	9.83	576	
86	146	145	4,149	50.341	505	10.06	573	9.15	469	
87	145	145	4,098	71.163	480	12.78	826	11.07	649	
91	148	145	4,060	59.566	500	11.27	684	10.95	587	
92	145	146	4,037	63.070	437	9.19	738	8.71	572	
93	145	146	4,127	53.601	476	9.47	614	8.33	495	
97	147	147	4,107	59.338	488	10.74	669	9.66	569	予備
98	148	176	4,119	61.150	488	9.21	570	10.06	566	
99	150	149	4,112	54.216	537	11.51	590	10.53	514	
100	145	145	4,077	48.574	498	9.34	567	8.39	483	
全数 (n=50)								(n=46)		
平均	147	147	4,142	57.777	502	11.14	646	10.47	545	
最大	150	176	4,394	71.523	571	13.87	826	13.48	674	
最小	145	144	4,031	46.305	422	7.86	508	7.47	447	
標偏*	1.2	4.3	67.5	6.641	33.1	1.40	75.6	1.27	57.8	
変係*	0.79	2.9	1.63	11.49	6.60	12.6	11.7	12.1	10.6	
強度試験体 (n=40)								(n=36)		
平均	147	147	4,140	57.993	502	11.15	649	10.48	548	
最大	150	176	4,394	71.523	571	13.87	826	13.48	674	
最小	145	145	4,031	46.305	437	8.71	508	7.96	447	
標偏*	1.2	4.8	70.4	7.341	32.9	1.40	83.7	1.28	64.1	
変係*	0.83	3.3	1.70	12.66	6.55	12.5	12.9	12.2	11.7	

*
標偏：標準偏差
変係：変動係数(%)

表-4 製材及びモルダ仕上げ直後の非推奨乾燥材の諸データ

正角 No.	製材後			重量 (kg)	縦振動数 (Hz)	Efr (kN/mm ²)	密度 (kg/m ³)	モルダ仕上げ後		備考
	寸法 (mm)							Efr (kN/mm ²)	密度 (kg/m ³)	
	幅	厚	長さ							
1	148	147	4,296	64.721	454	10.54	692	10.17	568	
3	148	147	4,100	55.127	517	11.11	618	11.62	522	
4	149	147	4,147	56.596	559	13.39	623	12.10	521	予備
12	147	147	4,153	48.949	544	11.14	545	10.88	469	
13	147	146	4,032	51.471	488	9.21	595			
14	146	145	4,149	52.854	498	10.28	602	10.36	506	予備
19	145	145	4,044	56.699	461	9.27	667			
20	147	147	4,135	63.122	488	11.51	706			
22	146	146	4,106	61.056	529	13.16	698	11.27	562	
24	145	146	4,092	62.099	546	14.31	717	13.72	589	
25	147	146	4,119	56.392	498	10.74	638			
28	146	149	4,135	45.314	495	8.44	504			
30	147	147	4,087	57.684	500	10.91	653	11.21	508	予備
31	146	147	4,085	59.439	471	10.04	678			
35	145	146	4,191	59.143	498	11.61	667	11.29	532	
36	146	147	4,127	54.885	517	11.28	620	11.10	509	
37	147	147	4,112	46.627	549	10.70	525	10.91	428	
39	146	146	4,083	45.136	505	8.82	519			
40	146	147	4,113	51.485	488	9.40	583	9.93	475	
41	147	148	4,188	49.296	515	10.07	541	10.39	447	
44	147	147	4,172	61.575	458	9.97	683	8.92	539	
45	147	146	4,244	54.376	538	12.45	597			
46	147	147	4,108	60.912	478	10.58	686			
48	147	147	4,145	49.990	498	9.51	558	10.18	480	
50	147	147	4,110	57.006	515	11.50	642	12.09	539	予備
53	145	149	4,095	46.683	551	10.75	528			
54	142	145	4,076	51.810	568	13.24	617	12.64	503	予備
56	145	146	4,114	64.147	507	12.82	737			
57	146	146	4,176	57.783	520	12.24	649			
60	147	145	4,161	60.034	512	12.29	677			
61	147	147	4,076	55.468	476	9.48	630			
62	148	145	4,194	51.247	505	10.22	569			
66	147	145	4,202	56.357	556	13.74	629	14.07	531	予備
67	146	149	4,190	60.219	502	11.69	661	9.96	554	予備
69	149	146	4,288	67.383	485	12.50	722	11.53	600	
70	145	146	4,146	54.246	500	10.62	618	10.21	509	予備
74	145	147	4,089	49.654	576	12.64	570	12.75	488	
76	145	148	4,207	54.237	480	9.80	601	8.86	489	
77	148	145	4,089	55.642	556	13.11	634	12.39	540	予備
78	148	147	4,095	50.448	524	10.43	566	10.52	475	
80	146	148	4,094	57.960	556	13.58	655	13.64	556	
82	144	147	4,142	69.283	461	11.52	790	10.03	626	
84	147	146	4,093	56.998	527	12.08	649	11.71	519	予備
85	145	148	4,068	53.612	522	11.08	614	11.37	486	
88	146	148	4,100	65.307	507	12.74	737	12.08	604	
89	147	145	4,129	55.272	515	11.36	628	10.77	511	
90	148	147	4,145	53.752	515	10.86	596			
94	147	145	4,112	56.681	485	10.29	647	9.85	525	
95	147	146	4,103	60.491	502	11.66	687	11.59	558	
96	148	147	4,116	62.191	458	9.87	695			
全数 (n=50)								(n=33)		
平均	146	147	4,131	56.177	509	11.21	633	11.22	523	
最大	149	149	4,296	69.283	576	14.31	790	14.07	626	
最小	142	145	4,032	45.136	454	8.44	504	8.86	428	
標偏*	1.3	1.1	54.7	5.628	30.6	1.40	62.6	1.27	44.9	
変係*	0.89	0.74	1.32	10.02	6.02	12.5	9.9	11.3	8.6	
強度試験体 (n=40)								(n=23)		
平均	147	147	4,132	56.236	505	11.00	633	11.02	523	
最大	149	149	4,296	69.283	576	14.31	790	13.72	626	
最小	144	145	4,032	45.136	454	8.44	504	8.86	428	
標偏*	1.1	1.0	57.4	6.197	29.6	1.37	69.6	1.25	53.0	
変係*	0.77	0.69	1.39	11.02	5.87	12.4	11.0	11.3	10.1	

* 標偏：標準偏差
変係：変動係数(%)

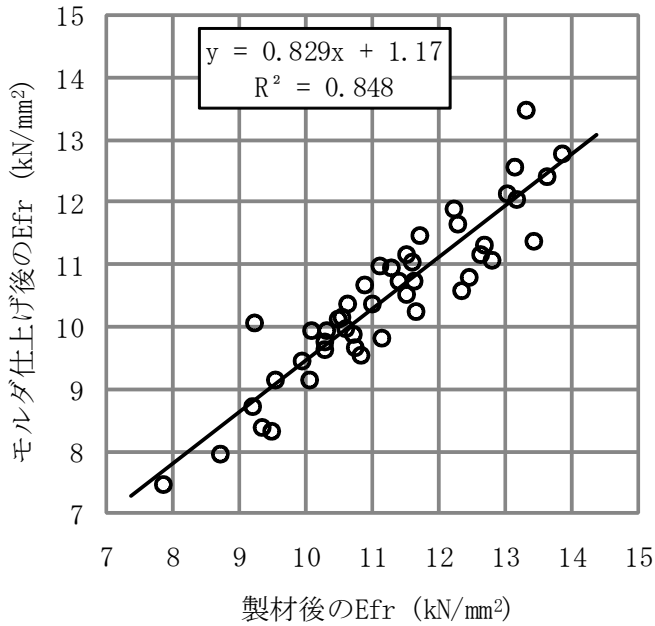


図-2 推奨乾燥材の Efr (n=46)

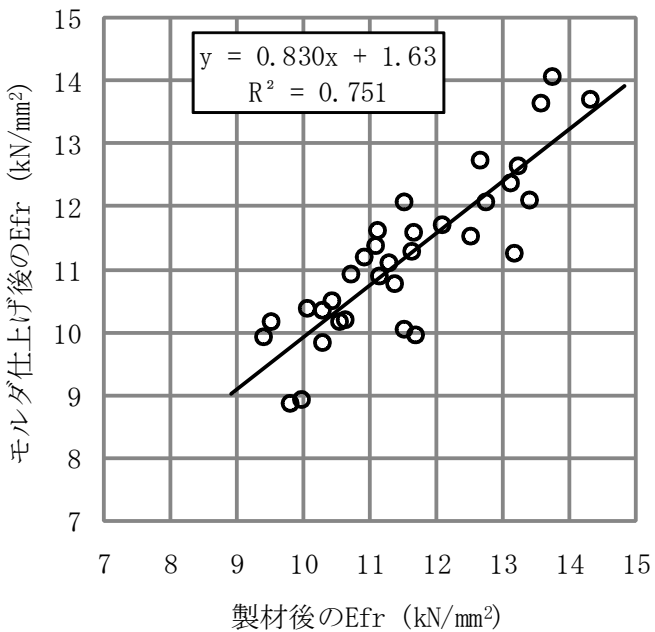


図-3 非推奨乾燥材の Efr (n=33)

表-5 各種試験体の鋸断位置 ※

推奨乾燥材				非推奨乾燥材			
正角 No.	鋸断位置 ② ④ ⑥			正角 No.	鋸断位置 ② ④ ⑥		
2	(予備)			1	曲	せ	め
5	(予備)			3	せ	曲	め
6	曲	せ	め	4	(予備)		
7	曲	せ	め	12	め	せ	曲
8	(予備)			13	め	せ	曲
9	(予備)			14	(予備)		
10	せ	め	曲	19	曲	せ	め
11	め	曲	せ	20	せ	め	曲
15	め	曲	せ	22	せ	曲	め
16	め	せ	曲	24	曲	せ	め
17	せ	め	曲	25	曲	せ	め
18	曲	せ	め	28	せ	め	曲
21	曲	せ	め	30	(予備)		
23	め	曲	せ	31	め	せ	曲
26	曲	め	せ	35	め	曲	せ
27	曲	め	せ	36	曲	め	せ
29	め	曲	せ	37	曲	め	せ
32	め	せ	曲	39	せ	め	曲
33	め	せ	曲	40	せ	め	曲
34	曲	め	せ	41	せ	め	曲
38	せ	め	曲	44	曲	め	せ
42	め	せ	曲	45	め	せ	曲
43	(予備)			46	曲	め	せ
47	め	曲	せ	48	曲	せ	め
49	曲	せ	め	50	(予備)		
51	め	せ	曲	53	め	せ	曲
52	め	曲	せ	54	(予備)		
55	せ	め	曲	56	曲	せ	め
58	(予備)			57	曲	め	せ
59	せ	め	曲	60	め	せ	曲
63	せ	曲	め	61	め	せ	曲
64	(予備)			62	め	せ	曲
65	曲	せ	め	66	(予備)		
68	せ	め	曲	67	(予備)		
71	(予備)			69	曲	せ	め
72	せ	め	曲	70	(予備)		
73	(予備)			74	曲	め	せ
75	曲	め	せ	76	曲	せ	め
79	せ	曲	め	77	(予備)		
81	せ	め	曲	78	せ	め	曲
83	せ	め	曲	80	せ	め	曲
86	せ	曲	め	82	曲	せ	め
87	曲	せ	め	84	(予備)		
91	曲	め	せ	85	曲	せ	め
92	め	曲	せ	88	せ	め	曲
93	せ	曲	め	89	曲	め	せ
97	(予備)			90	め	せ	曲
98	曲	め	せ	94	曲	め	せ
99	曲	め	せ	95	せ	曲	め
100	曲	め	せ	96	せ	め	曲

※ 曲：曲げ，せ：曲げせん断，め：めり込み

表-6 各種試験体鋸断時の含水率（全乾法）

推奨乾燥材					非推奨乾燥材				
正角 No.	試片別の含水率 (%)				正角 No.	試片別の含水率 (%)			
	①	③	⑤	⑦		①	③	⑤	⑦
6	9.4	14.8	15.3	9.2	1	8.2	14.3	14.2	9.5
7	13.4	23.7	23.1	11.1	3	8.3	13.4	12.6	8.0
10	9.5	15.7	15.1	10.1	12	8.3	11.5	12.1	8.3
11	9.1	15.1	14.9	9.5	13	8.5	10.3	10.4	8.4
15	11.9	16.6	16.3	8.9	19	7.3	11.1	11.5	8.5
16	9.7	18.2	18.4	11.5	20	8.7	13.7	12.0	8.1
17	9.8	18.5	19.0	11.4	22	9.3	16.0	14.5	8.3
18	9.6	14.0	14.3	9.0	24	8.2	15.3	14.8	8.5
21	9.0	10.7	11.0	8.7	25	8.0	10.9	11.1	8.2
23	9.0	17.6	16.4	9.3	28	8.3	9.6	9.4	8.0
26	9.2	18.1	18.6	9.5	31	8.3	12.6	11.1	7.7
27	11.2	16.6	16.8	9.4	35	8.3	13.9	12.4	8.1
29	9.4	17.5	16.5	10.9	36	8.5	12.2	11.4	8.2
32	8.8	8.7	9.0	8.9	37	8.3	11.0	10.4	8.2
33	8.8	12.3	12.7	8.9	39	9.1	10.3	9.8	9.9
34	9.3	12.6	13.5	9.5	40	9.0	10.6	10.3	8.4
38	9.6	17.1	11.9	8.8	41	8.9	9.7	10.4	7.8
42	9.0	14.5	14.8	9.2	44	9.4	14.3	13.6	8.5
47	12.1	18.0	15.5	8.9	45	8.3	11.4	11.4	7.7
49	9.1	14.6	14.0	9.0	46	8.0	10.8	12.4	8.2
51	15.4	19.0	13.8	9.5	48	8.1	9.6	9.0	7.8
52	13.9	17.2	16.1	9.6	53	8.3	9.1	9.6	8.0
55	9.8	14.6	14.3	9.2	56	7.9	11.6	12.3	8.3
59	9.4	13.6	13.1	9.0	57	7.8	9.9	11.2	8.0
63	10.2	16.3	15.8	9.1	60	8.5	12.6	12.7	8.2
65	10.4	18.0	18.0	9.8	61	8.1	9.7	10.0	7.9
68	10.2	16.9	16.5	11.9	62	8.8	14.3	12.8	7.9
72	15.5	17.6	18.5	9.8	69	11.4	15.1	14.5	8.4
75	12.6	15.6	15.8	9.5	74	8.6	11.4	11.5	8.3
79	11.3	20.1	20.9	10.5	76	8.4	13.4	12.9	9.0
81	9.6	16.9	17.1	10.7	78	7.8	12.8	13.1	8.5
83	12.0	18.8	18.5	9.5	80	8.4	13.8	13.2	8.6
86	9.5	15.9	15.4	9.8	82	8.4	17.2	17.8	12.3
87	15.1	20.4	19.3	9.5	85	8.6	11.1	10.8	8.3
91	9.2	14.1	14.8	9.0	88	9.1	16.1	15.0	8.9
92	9.8	17.6	15.9	9.1	89	8.6	12.8	12.8	8.3
93	9.5	17.5	16.1	9.7	90	8.3	10.7	10.4	8.5
98	9.3	17.6	17.1	10.7	94	9.1	14.0	13.6	8.4
99	9.3	16.6	16.4	9.6	95	8.2	11.9	12.2	8.7
100	9.2	13.6	13.1	9.1	96	8.3	12.3	11.0	8.5
平均	10.5	16.3	15.8	9.7	平均	8.5	12.3	12.1	8.4
最大	15.5	23.7	23.1	11.9	最大	11.4	17.2	17.8	12.3
最小	8.8	8.7	9.0	8.7	最小	7.3	9.1	9.0	7.7
標偏*	1.9	2.7	2.6	0.81	標偏*	0.64	2.1	1.8	0.77
変係*	18	17	17	8.4	変係*	7.5	17	15	9.1

* 標偏：標準偏差，変係：変動係数(%)