

**Table S2.** In situ trace elements (ppm) of apatite grains in the SXD carbonatite.

Spot No.	02-1	02-2	02-3	02-4	02-5	02-6	02-7	02-8	02-9	02-10
<b>SXD15-02</b>										
Sc	3.3	4.65	2.73	2.95	4.01	3.47	2.9	3.86	3.24	2.67
Ti	39	19.4	22.9	35.4	20	43.5	28.3	23	22.9	32
V	20	36.2	55.6	16.9	27.9	33.3	38	25.6	1.35	1.71
Cr	45.2	43.8	50.1	42.6	47.1	53.7	51.7	49.5	41.9	48.5
Mn	298	560	565	252	387	343	366	448	95.5	120
Fe	259	352	298	289	293	322	295	297	245	323
Co	7.44	7.73	8.28	7.49	8.49	8.26	8.8	7.88	6.73	7.99
Ni	16.8	13.7	15.8	16.6	20.5	16.4	20.5	17.2	12	14.2
Rb	1.31	0.72	0.64	0.61	0.48	0.47	0.93	0.69	0.45	0.85
Sr	12883	11657	11271	13482	12170	12204	11115	11471	14950	15505
Y	364	290	328	382	316	362	355	309	490	345
Zr	0.97	0.97	1.23	1.08	1.36	1.23	1.17	1.24	0.85	0.97
Nb	0.5	1.16	3.22	0.43	0.79	1.1	1.28	0.85	0.21	0.16
Cs	0.17	0.13	0.1	0.14	0.13	0.15	0.15	0.19	0.11	0.21
Ba	49.9	32	37.7	25.6	26.1	22.6	26.5	24.9	7.77	19.8
La	1351	1558	1750	1299	1514	1564	1425	1334	496	1439
Ce	3165	3323	3660	3121	3299	3466	3145	2999	1839	4020
Pr	409	394	435	412	401	428	386	371	311	555
Nd	1755	1602	1736	1842	1693	1822	1640	1574	1742	2481
Sm	331	259	283	383	301	339	303	269	547	472
Eu	96.3	76.6	81.3	117	89.7	106	89.8	77.1	186	131
Gd	240	176	187	284	218	255	214	186	453	299
Tb	26.8	20.3	22.8	32.2	25.3	28.8	25.5	21.3	48.6	31.3
Dy	116	91.2	98.6	128	101	122	108	94.4	186	122
Ho	15.9	12.4	14.1	17.4	14.5	16.1	16.2	14	22	15.9
Er	28.1	23.8	26.9	28.2	24.6	30.2	28.4	24.5	33	24.8
Tm	2.47	2.14	2.7	2.59	2	2.65	2.72	2.52	2.46	2.22
Yb	12.4	11	13.3	10.1	9.42	10.9	12.4	11	10.1	8.67
Lu	1.06	1.05	1.25	1.01	1.14	1	1.25	1.16	0.82	0.74
Hf	0.23	0.29	0.28	0.27	0.25	0.29	0.17	0.16	0.24	0.32
Ta	0.04	0.06	0.06	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.07
Th	11.2	15	30.7	11.2	11	19.5	18.3	11.7	0.3	7.35
U	0.1	0.24	1.07	0.15	0.22	0.6	0.5	0.1	0.04	0.08
Pb	10.2	9.86	10.3	9.55	9.22	9.49	9.66	10.2	7.83	9.77
Spot No.	04B-1	04B-2	04B-3	04B-4	04B-5	04B-6	04B-7	04B-8	04B-9	04B-10
<b>SXD15-04B</b>										
Sc	2.32	11.5	10.2	9	8.7	8.04	8.88	8.45	8.81	10.6
Ti	21.6	52.1	60.6	110	56.3	74	74.1	59.7	48	79.7
V	1.38	3.65	4	5.24	7.88	3.78	4.24	5.12	4.75	27.9

Cr	24.5	110	117	111	129	119	113	110	111	142
Mn	61.5	281	304	337	286	295	287	391	279	859
Fe	160	935	816	793	740	713	721	686	791	789
Co	4.47	19.1	20.1	21.6	19.5	19.4	19.8	18.6	20.6	22
Ni	9.48	43.5	51.5	43.1	36.2	42.2	44.3	36.3	37.8	51.7
Rb	0.37	1.02	1.68	1.92	0.9	1.94	1.12	1.31	1.33	2.1
Sr	3736	16,633	18,883	16,831	18,002	17,855	18,047	15,803	17,640	16,539
Y	124	543	579	498	531	582	515	509	514	408
Zr	0.53	2.22	3.11	2.26	2.53	2.44	2.83	1.95	2.05	2.48
Nb	0.11	0.55	0.52	0.68	0.45	0.46	0.5	0.56	0.47	1.56
Cs	0.09	0.2	0.45	0.41	0.46	0.35	0.25	0.35	0.4	0.38
Ba	4.29	19.5	22.5	18	18.1	20.2	19.4	17.9	20.7	46.1
La	186	737	938	912	819	923	882	1058	875	3453
Ce	581	2382	2971	2891	2600	2918	2776	3362	2744	6881
Pr	86.7	357	438	426	390	429	408	492	403	739
Nd	416	1727	2144	2032	1861	2068	1933	2283	1907	2872
Sm	93	395	478	421	441	452	411	444	421	426
Eu	29.1	123	144	125	133	136	124	131	127	112
Gd	74	309	364	304	330	340	304	315	311	259
Tb	9.2	37.8	43.4	35	41.1	41.2	38	35.8	38.5	29.4
Dy	38.9	167	184	158	171	183	159	158	162	124
Ho	5.4	23.1	25.4	21.2	23.5	24.8	21.8	22.4	23.2	18.1
Er	9.48	40	43.1	39.5	40.8	45.6	38.4	38.8	39.8	33.2
Tm	0.81	3.72	4.19	3.59	3.74	3.6	3.33	3.75	3.8	3.24
Yb	3.3	16.6	15.8	15.9	14.3	17	14.2	17.6	14.4	14.5
Lu	0.33	1.36	1.42	1.53	1.28	1.71	1.32	1.51	1.37	1.74
Hf	0.18	0.43	0.82	0.81	0.76	0.55	1.1	0.61	0.56	0.59
Ta	0.02	0.14	0.05	0.11	0.09	0.05	0.08	0.1	0.11	0.09
Th	3.45	13.3	20	11.8	14.2	20.4	14.3	12.4	11.6	28.8
U	0.03	0.12	0.16	0.13	0.13	0.12	0.12	0.1	0.08	0.12
Pb	4.23	21	25.6	21.5	19	19.1	20.1	20.2	21.6	17.6
Spot No.	09-1	09-2	09-3	09-6	09-7	09-8	09-9	09-10	26-1	
<b>SXD15-09</b>									<b>SXD15-26</b>	
Sc	6.76	7.63	5.36	5.74	6.92	7.18	7.6	6.77	8.25	
Ti	72.9	63.2	39.3	52.8	65	69.1	84.4	28.4	63.9	
V	4.98	5.9	3.1	2.41	5.13	4.72	3.85	5.26	19.8	
Cr	87.7	83.8	81.6	80.2	95.7	96.2	83.6	95.3	131	
Mn	428	431	375	374	422	339	503	425	435	
Fe	441	484	392	400	628	577	523	553	840	
Co	13.2	15.9	11	10.7	15	17.1	15.8	13.3	20.4	
Ni	30.9	31.4	22.5	19.2	33.2	30.5	31.3	34.2	42.8	
Rb	1.55	1.32	1	0.82	1.57	1.61	1.86	0.94	1.43	
Sr	24,360	24,504	24,772	26,740	24,134	23,255	26,958	24,261	14,585	
Y	463	458	418	460	407	511	720	464	297	

Zr	1.86	2.35	1.46	1.64	1.98	1.92	1.79	1.81	3.12
Nb	0.29	0.52	0.22	0.22	0.46	0.52	0.41	0.35	0.42
Cs	0.23	0.32	0.2	0.17	0.26	0.14	0.29	0.29	0.55
Ba	18.1	18.3	39.5	277	107	12.2	33.1	19.6	45.7
La	991	756	1049	1290	1100	685	1369	361	1787
Ce	2621	2164	2860	3393	3000	1969	3555	1107	3804
Pr	356	301	386	459	403	276	476	160	450
Nd	1637	1394	1770	2078	1763	1315	2199	790	1815
Sm	411	353	389	451	364	329	523	249	289
Eu	135	118	118	144	112	110	179	94.7	83.5
Gd	340	302	295	348	267	302	464	270	196
Tb	43.1	38	34.2	39.6	33.2	41.1	58.8	37.4	22.2
Dy	176	166	146	169	140	185	257	168	93.1
Ho	24.7	22.4	19.7	23.2	19.3	25.6	33.5	23.6	13.1
Er	40.2	36.8	35	37.3	34.1	41.2	57.6	39	23.3
Tm	3.49	3.1	2.92	3.37	2.86	3.42	4.62	3.54	2.14
Yb	14.2	13.5	12.4	12.7	13.3	13.1	19.5	14.1	11.8
Lu	1.18	1.08	1.04	1.13	1.11	1.24	1.56	1.29	1.09
Hf	0.39	0.53	0.33	0.33	0.63	0.31	0.43	0.54	0.42
Ta	0.07	0.05	0.03	0.04	0.09	0.1	0.12	0.07	0.1
Th	4.26	4.6	7.77	15.3	5.5	1.73	37.2	4.61	9.97
U	0.05	0.12	0.07	0.07	0.11	0.05	0.1	0.06	0.16
Pb	19.1	17.4	15.5	19.4	17.2	16.3	24	18.3	17.4
Spot No.	26-2	26-3	26-4	26-5	26-6	26-7	26-8	26-9	26-10
<b>SXD15-26</b>									
Sc	6.17	9.03	8.15	10.3	10.5	10.1	6.97	11.9	9.14
Ti	69.5	49.5	81.5	84	72.7	50.8	90.3	87	100
V	4.56	8.69	6.53	6.4	28.5	11.1	18.7	4.04	3.72
Cr	100	134	125	667	113	116	128	115	132
Mn	226	403	274	104	219	362	313	167	159
Fe	626	732	791	765	817	788	718	796	891
Co	17.4	18.9	19.9	21.3	22.1	19.6	20	21.2	21.3
Ni	38.1	40.6	45.8	47.2	46.8	36.9	45.9	43.6	45.3
Rb	1.49	1.67	2.35	1.26	2	1.56	2.1	1.38	2.08
Sr		14,59				17,15	12,30		
	14,404	6	17,475	13,390	10,864	0	6	16,697	15,084
Y	397	364	385	431	352	398	448	433	363
Zr	2.12	3.63	1.55	3.05	2.67	2.78	3.13	3.01	2.45
Nb	0.32	0.52	3.31	0.63	0.7	0.64	0.61	1.18	0.56
Cs	0.38	0.37	0.19	0.34	0.27	0.38	0.25	0.42	0.28
Ba	23.8	27.5	130	18.2	21.1	33.3	24.6	59.1	17.9
La	559	1579	1336	485	996	1605	1103	999	626
Ce	1794	3551	3120	1604	2334	3912	2421	2931	1920
Pr	265	438	394	252	301	527	290	416	282

Nd	1297	1851	1714	1303	1325	2507	1252	1955	1354
Sm	321	337	328	360	274	609	334	408	315
Eu	101	98.1	95.3	125	87.5	176	126	126	102
Gd	263	235	238	320	222	395	345	310	252
Tb	30.9	27.6	27.3	37.6	26.7	39.1	42.2	34.7	30.5
Dy	135	114	121	147	113	147	165	145	123
Ho	17.1	16	16.6	18.9	15.1	19.2	20.1	19.1	16.5
Er	28.3	26.7	29	29.4	26.3	31.7	32.4	32.4	27.4
Tm	2.6	2.42	2.85	2.27	2.46	2.53	2.6	2.74	2.33
Yb	9.63	10.5	11.5	9.21	9.25	12	11.7	12.2	10.5
Lu	0.99	1.07	1.08	0.71	0.97	0.95	1.17	0.95	1.02
Hf	0.46	0.57	0.59	0.23	0.42	0.92	0.68	0.58	0.76
Ta	0.11	0.08	0.13	0.13	0.07	0.13	0.12	0.12	0.11
Th	8.76	5.67	8.06	1.82	18.1	35.5	14	7.4	2.85
U	0.1	0.1	0.13	0.06	0.79	0.12	0.37	0.1	0.12
Pb	48.1	16.8	20.7	17.1	19.6	17.6	16.4	21	19.9

---

**Table S2.** In situ trace elements (ppm) of apatite grains in the SXD syenite.

Spot No.	08-1	08-2	08-3	08-4	08-5	08-6	08-7	08-8	08-9	08-10
<b>SXD15-08</b>										
Sc	5.16	5.57	5.5	6.12	8.41	7.02	8.55	8.26	9.16	7.23
Ti	55	51.4	51.6	48	91	85.2	47.4	57.9	74.5	55
V	17.8	2.71	3.41	3.29	3.22	5.03	4.84	4.86	4.46	4.35
Cr	74.2	77.1	84.4	74.9	89.8	95.8	106	101	105	74.5
Mn	589	612	576	619	718	560	731	738	640	658
Fe	484	400	489	519	585	582	547	566	552	591
Co	11.6	11.8	12	12.9	14.5	16.6	15.5	17	16.4	15
Ni	26.5	20.7	25.8	29	25.2	32.7	37.6	32.5	25.8	25.2
Rb	1.14	0.98	1.08	1.3	1.35	1.09	1.17	1.36	1.32	1.29
Sr	17,606	21,457	22,709	25,775	24,194	19,142	25,086	24,500	23,509	24,170
Y	1001	895	890	1013	856	1032	984	874	905	920
Zr	2.23	1.89	1.93	1.92	1.55	1.53	1.87	2.52	2.04	2.1
Nb	0.35	0.32	0.31	0.23	0.32	0.52	0.51	0.23	0.38	0.46
Cs	0.23	0.12	0.24	0.21	0.07	0.15	0.34	0.26	0.32	0.24
Ba	11.5	7.59	13.6	6.35	8.31	12.2	7.58	7.85	6.77	9.23
La	2074	936	1753	2670	1106	1219	1654	1338	1555	1202
Ce	4963	2975	4426	8648	3662	3251	5210	4175	5278	3751
Pr	588	439	544	1154	537	444	721	585	767	554
Nd	2523	2109	2494	5471	2585	2059	3408	2767	3807	2642
Sm	523	550	569	1104	656	523	776	650	888	646
Eu	178	191	195	322	215	176	254	216	266	214
Gd	457	490	471	738	538	474	600	535	631	548
Tb	62	65.1	65.2	82.9	66	66.1	74.2	68	74.6	70.3
Dy	289	290	286	349	289	323	315	289	313	306
Ho	44.9	41.2	40.8	47	38.7	45.8	45.4	40.8	42.1	43.6
Er	85.1	75.4	73.3	81.7	70.1	83	79.1	69.6	71.2	73.5
Tm	8.33	6.64	6.91	7.44	6.28	7.53	7.29	6.16	6.32	6.74
Yb	34.5	30.2	27.7	30.1	28.2	29.3	31.5	27.9	25.4	29.6
Lu	3.42	2.75	2.71	2.55	2.4	2.83	2.65	2.6	2.48	2.45
Hf	0.35	0.37	0.44	0.53	0.45	0.54	0.42	0.32	0.31	0.6
Ta	0.06	0.06	0.05	0.06	0.09	0.09	0.08	0.12	0.06	0.09
Th	78.2	16.2	19	13.8	16.2	12.3	22.1	25.2	11.6	23.6
U	0.84	0.06	0.08	0.1	0.11	0.1	0.08	0.08	0.1	0.07
Pb	23	20.8	20.7	21.7	24.3	19.9	24	26.1	23.2	23.4
Spot No.	10-1	10-2	10-3	10-4	10-5	10-6	10-7	10-8	10-9	10-10
<b>SXD15-10</b>										
Sc	2.54	3.19	4.06	2.88	2.99	4.15	3.48	4.28	4.01	4.23
Ti	28.3	23	19.3	24	38.4	33.9	34.4	27	24.8	36
V	1.06	1.57	1.14	1.88	2.66	3.58	2.34	2.87	4.75	2.12
Cr	52.3	54.1	53.1	42.5	46.6	58	51.9	52.3	50	58.7

Mn	546	521	446	537	530	514	549	531	853	598
Fe	262	269	295	221	257	361	288	280	1711	310
Co	7.71	7.98	8.47	6.31	8.03	8.57	8.95	8.59	8.96	8.72
Ni	17.5	15.3	15.7	12.5	20.4	13.9	19.4	16.5	18.9	18.5
Rb	0.5	0.92	0.86	0.61	0.65	0.8	0.68	0.85	0.9	0.82
Sr	23,076	21,597	19,868	22,405	22,181	21,214	23,186	22,067	21,337	21,639
Y	847	829	908	883	775	788	895	856	796	885
Zr	0.78	0.89	1.33	1	0.97	1.27	0.93	0.96	1.02	1.22
Nb	0.25	0.25	0.38	0.2	0.32	0.3	0.26	0.23	0.3	0.22
Cs	0.1	0.18	0.09	0.09	0.17	0.12	0.19	0.09	0.11	0.16
Ba	17.2	17.3	12.7	20.7	17.6	18.1	17	19.5	25.9	18.2
La	814	821	592	853	756	718	1184	720	708	793
Ce	2506	2505	1796	2563	2301	2127	3437	2181	2180	2360
Pr	371	362	263	370	335	305	489	318	318	344
Nd	1811	1753	1300	1814	1649	1486	2338	1575	1548	1675
Sm	506	463	375	498	468	409	611	453	428	456
Eu	170	157	138	166	158	149	204	159	150	161
Gd	439	424	376	436	418	385	503	419	384	418
Tb	60.3	57.8	54.5	57.4	55.9	52.1	65.4	58.6	53.9	58.8
Dy	272	264	270	272	252	246	294	274	249	278
Ho	39.3	38.2	41.6	39	35.4	36.2	40.6	38.7	37	40
Er	69.6	68.3	75.4	70	64.4	64	72.3	68.9	65.1	74.5
Tm	6.87	6.23	6.84	7.17	6.56	5.84	6.24	6.55	6.3	6.96
Yb	29.5	27.9	27	29.1	26.4	27.8	30.2	29.2	25.6	27.7
Lu	2.56	2.51	2.54	2.59	2.55	2.42	2.89	2.75	2.34	2.78
Hf	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.32	0.24	0.4	0.35	0.18
Ta	0.07	0.05	0.05	0.04	0.05	0.08	0.05	0.06	0.05	0.06
Th	16.3	14	8.2	18.5	9.35	7.88	23.6	13.5	11.7	17.6
U	0.11	0.13	0.1	0.36	0.13	0.12	0.05	0.16	0.25	0.23
Pb	20.7	21.5	17.2	20.9	20.2	20.2	21.9	21	23.8	22

---

**Table S3.** In situ trace elements (ppm) of apatite grains in the SXD hornblendite.

Spot No.	21-1	21-2	21-3	21-4	21-5	21-6	21-7	21-8	21-9
<b>Sample</b>	<b>SXD15-21</b>								
Sc	9.54	6.2	8.14	9.57	7.76	8.89	7.77	6.66	6.07
Ti	85.2	53	51.3	44.6	58.2	57.3	38.9	32.5	78.4
V	83.1	80.5	59.9	64.3	58.7	70	63.7	72.2	63.6
Cr	113	78.2	90.2	103	113	113	107	80.6	103
Mn	266	735	99.5	223	313	342	178	396	333
Fe	693	1782	593	780	634	633	609	670	761
Co	18	11.8	17.2	18.5	17.5	17.6	16.3	16.4	15.5
Ni	36.6	27.8	34.7	39.9	41	33.6	33.2	26.2	33.8
Rb	1.77	1.03	1.42	1.74	1.88	1.25	1.2	1.36	1.53
Sr	1753	2027	964	1571	1696	1997	1359	1396	1902
Y	197	243	203	191	177	229	188	214	146
Zr	3.53	35.2	2.41	32.9	7.71	8.78	15.6	10.8	5.98
Nb	0.36	0.39	0.24	0.53	0.54	0.51	0.31	0.58	0.5
Cs	0.29	0.29	0.44	0.44	0.43	0.26	0.29	0.34	0.31
Ba	1.79	5.29	1.23	2.27	4.05	2.06	31.2	1.68	2.7
La	637	540	288	379	539	701	367	661	373
Ce	1224	1100	742	821	924	1253	811	1119	677
Pr	141	139	103	107	102	142	107	125	81
Nd	590	628	501	506	422	600	507	542	369
Sm	106	125	100	98.4	73.9	110	97.4	103	70.7
Eu	25.9	30.7	24	23.3	19.3	29.5	26.4	21.9	15.7
Gd	77	95.8	84.4	84.2	59.4	81.9	84.4	81.3	60.5
Tb	9.24	11.7	10.9	9.91	7.37	10.3	9.44	10	7.41
Dy	45.5	58.7	49.7	50.3	39.6	52.7	46.1	50.5	33.1
Ho	7.79	8.97	8.17	7.82	7	8.66	7.06	8.06	5.96
Er	17.6	17.9	16.8	15.8	14.4	19.1	15.5	18.2	11.4
Tm	1.8	1.94	1.87	1.79	1.7	2.39	1.51	1.7	1.29
Yb	10.2	11.8	9.09	9.6	9.9	11.4	8.29	11.3	7.2
Lu	1.36	1.26	1.18	1.13	1.33	1.4	0.91	1.35	0.94
Hf	0.65	0.5	0.49	0.52	0.48	0.58	0.45	0.57	0.34
Ta	0.08	0.06	0.12	0.04	0.09	0.11	0.1	0.1	0.09
Th	18.4	21.9	11.3	13.2	23.2	26.1	8.93	17.4	8.22
U	2.1	2.52	1.35	1.52	5.39	4.06	1.15	5.05	1.52
Pb	17.9	82.3	9.48	20.8	26	30.5	11.3	25	23.3