

مشروح سیر تکامل یک ایالت اپی ترمال بزرگ:

Hauraki Goldfield، نیوزلند

چکیده

منطقه Hauraki Goldfield در زون ولکانیکی Coromandel تقریباً شامل 50 کانسار طلا - نقره اپی ترمال آدولاریا - سرسیت در محدوده‌ای به وسعت 40×200 کیلومتر با جهت شمالی - جنوبی می‌باشد. این کانسارها تقریباً 320000 کیلوگرم طلا و $1/5$ میلیون کیلوگرم نقره تولید می‌کنند و از سیستم‌های هیدروترمال میوسن تا پلیوسن تشکیل شده‌اند. این منطقه به 3 ایالت شمالی، شرقی و جنوبی تقسیم شده‌است.

در ایالت شمالی، آدولاریا از Plateau سن $16/32 \pm 0/13$ میلیون سال پیش و از Opitonui سن $0/03 \pm$ 13/5 میلیون سال پیش را نشان می‌دهد. مطالعات Re-Os مولیبدنیت از کانی‌سازی تیپ پورفیری در Ohio Creek 2 تاریخ $11/87 \pm 0/06$ و $11/97 \pm 0/08$ میلیون سال پیش را نشان می‌دهند. روابط زمین‌شناسی اظهار می‌دارد که این سن‌ها، شبیه سن کانی‌سازی در نزدیکی کانسار اپی ترمال Thames می‌باشد. در ایالت شرقی، آدولاریا از کانسار Ohui سن $8/29 \pm 0/25$ میلیون سال پیش و از کانسار Broken Hills سن $7/12 \pm 0/02$ میلیون سال پیش و از کانسار Wharekirauponga سن $6/32 \pm 0/12$ میلیون سال پیش را نشان می‌دهد.

در ایالت جنوبی، آدولاریا از رگه‌های کوارتزی کانسار Maratoto سن $6/41 \pm 0/04$ میلیون سال پیش و از رگه‌های کوارتزی کانسار Sovereign سن $6/7 \pm 0/16$ میلیون سال پیش و از کانسار Martha سن $0/06 \pm$ 6/16 میلیون سال پیش را نشان می‌دهد. 2 تاریخ از مطالعات Re-Os مولیبدنیت رگه‌ها در کانسار Martha سن‌های $6/37 \pm 0/03$ و $6/51 \pm 0/03$ میلیون سال پیش را نشان می‌دهند. آدولاریا از رگه‌های کوارتزی کانسار Favona سن $6/05 \pm 0/04$ میلیون سال پیش را نشان می‌دهند. سنگ میزبان و رگه آدولاریا از کانسار Karangahake سن‌های $6/9 \pm 0/02$ و $5/71 \pm 0/13$ میلیون سال پیش را نشان می‌دهد. آدولاریا از کانسار

Waiorongomai سن $5/71 \pm 0/03$ میلیون سال پیش و از کانسار Eliza سن $4/47 \pm 0/06$ میلیون سال پیش را نشان می‌دهد و از رگه‌های کوارتزی کانسار Muirs Reef سن $2/12 \pm 0/11$ میلیون سال پیش را نشان می‌دهد. مطالعات نشان می‌دهد که کانسارها در منطقه Hauraki Goldfield بین $16/3$ تا 2 میلیون سال پیش تشکیل یافته‌اند و بر اساس موقعیت، چینه‌شناسی ولکانیکی و تیپ کانی‌سازی به دو گروه زمانی متمایز تقسیم‌بندی می‌شوند: دسته اول از $16/3$ تا $10/8$ میلیون سال پیش حاوی رگه‌های اپی‌ترمال bonanza و کانی‌سازی پورفیری است که در ایالت شمالی تشکیل یافته‌اند. دسته دوم در ایالت‌های شرقی و جنوبی در $6/9$ تا 6 میلیون سال پیش اتفاق افتاده‌است. بیشتر از 80 درصد طلای شناخته‌شده بین $6/9$ تا 6 میلیون سال پیش ته‌نشین شده‌است.

معرفی

کانسارهای طلا - نقره اپی‌ترمال از سیستم‌های هیدروترمالی که در مناطق ولکانیکی فعال توسعه دارند، تشکیل می‌شوند. ایالت‌های اپی‌ترمال در کمان‌های ولکانیکی فعال شامل Great Basin در غرب ایالات متحده، کمربند نقره مکزیکو، ژاپن، منطقه Patagonia در آرژانتین و Hauraki Goldfield در نیوزلند می‌باشد. در این مطالعه به شرح وقایع منطقه با توجه به تعیین سن توسط آدولاریا و مولیبدنیت می‌پردازیم.

زمین‌شناسی منطقه

در 25 میلیون سال اخیر، بخش شمالی نیوزلند، تغییرات قابل توجهی در محل ولکانیسم متحمل شده‌اند. منطقه Hauraki Goldfield تقریباً شامل 50 کانسار طلا - نقره اپی‌ترمال آدولاریا - سرسیت می‌باشد. بیشتر سنگ‌های کانه‌دار شامل مجموعه‌ای از رگه‌های کوارتزی می‌باشند و بعضی از کانسارها محصولات مهمی از برش‌های هیدروترمالی یا استوک‌ورک دارند. محصول کلی از سال‌های 1862 تا 2009 ، مقادیر 320000 کیلوگرم طلا و $1/6$ میلیون کیلوگرم نقره بود.

زمین‌شناسی محلی

از $\frac{Ar^{40}}{Ar^{39}}$ و Re-Os برای تعیین سن کانی‌سازی‌های هیدروترمال در کانسارهای Ohio, Opitonui, Paritu, Karangahake, Sovereign, Maratoto, Wharekirauponga, Broken Hills, Ohui, Creek, Martha, Favona, Waiorongomai, Eliza, و Muirs Reef استفاده شد. تاریخ‌های $\frac{Ar^{40}}{Ar^{39}}$ و Re-Os در استخراج بیشتر از 90 درصد طلا در منطقه Hauraki Goldfield به ما کمک می‌کند.

کانی‌سازی تیپ مس پورفیری در Paritu در شمال شبه جزیره Coromandel در سنگ میزبان دیوریت‌های کوچک و گرانودیوریت ولکانیکی قرار دارد و در سنگ بستر Manaia Hill نفوذ کرده‌اند. این کانی‌سازی شامل کالکوپیریت به همراه مگنتیت و پیریت در کوارتز دیوریت‌های دگرسان‌شده هیدروترمالی است.

کانی‌سازی اپی‌ترمال طلا - نقره Opitonui مقادیر 512 کیلوگرم طلا و 457 کیلوگرم نقره تولید می‌کند. کانی‌سازی در رگه‌های کوارتزی با جهت شمالی و شرقی رخ داده‌است.

منطقه امیدبخش Cu-Au-Mo پورفیری Ohio Creek بین سال‌های 1978 تا 1981 حفاری شده‌است. کانی‌سازی 0/1 تا 0/2 درصد مس، 0/2 تا 0/4 ppm طلا و کمتر از 0/01 درصد مولیبدن را نشان می‌دهد. دگرسانی‌های پتاسیک، فلیک و آرژیلیت پیشرفته در این ناحیه دیده می‌شود.

کانسار Ohui بین سال‌های 1893 تا 1910 محصولی برابر با 5 کیلوگرم طلا و 3 کیلوگرم نقره داشته‌است.

کانسار اپی‌ترمال Broken Hills مقادیر 737 کیلوگرم طلا و 964 کیلوگرم نقره تولید کرده‌است. این کانسار دومین تولیدکننده بزرگ طلا با سنگ میزبان ریولیتی در منطقه Hauraki Goldfield است.

منطقه امیدبخش Wharekirauponga طلا - نقره اپی‌ترمال در سنگ میزبان ریولیتی و توف ریولیتی و یک دایک آندزیتی قرار دارند.

کانسار اپی‌ترمال Maratoto مقادیر 138 کیلوگرم طلا و 544 کیلوگرم نقره از رگه‌های کوارتزی تولید می‌کند. کانی‌ها شامل پیریت، مارکازیت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت، آکانتیت، هسیت و الکتروم می‌باشند.

کانسار طلا - نقره Sovereign مقادیر 141 کیلوگرم طلا و 89 کیلوگرم نقره تولید می‌کند.

کانسار طلا - نقره اپی ترمال Karangahake با تولید 29425 کیلوگرم طلا و 97290 کیلوگرم نقره سومین تولیدکننده بزرگ طلا در منطقه Hauraki Goldfield می باشد.

در سال 2009 کانسار Martha مقادیر 210944 کیلوگرم طلا و 1299893 کیلوگرم نقره تولید کرده است که تقریباً 70 درصد طلا در منطقه Hauraki Goldfield می باشد. این معدن از سال 1883 تا 1952 به صورت زیرزمینی استخراج شده است و از سال 1988 کار خود را به صورت روباز از سر گرفت.

کانسار Favona که به تازگی کشف شده است در 2 کیلومتری شرق معدن Martha قرار دارد. وقتی معدن کاری در سال 2006 آغاز شد، این کانسار ذخیره 1/1 میلیون تن طلا با عیار 10 ppm و نقره با عیار 36 ppm را داشت.

کانسار Eliza شامل رگه کوارتزی با عرض 1 متری است که اقتصادی نمی باشد.

از سال های 1912 تا 1922 معدن Muirs Reef از رگه هایی که 0/5 تا 2 متر ضخامت داشتند، مورد استخراج قرار گرفت. این کانسار در جنوب منطقه Hauraki Goldfield قرار دارد.

مواد و روش ها

آدولاریا و مولیبدنیت 15 کانسار منطقه Hauraki Goldfield با هدف تعیین سن کانسارهای اپی ترمال منطقه Hauraki Goldfield آنالیز شد. مطالعات پتروگرافی نشان می دهد که ایلیت معمولاً جایگزین آدولاریا در سنگ

میزبان می شود. بنابراین تاریخ های $\frac{Ar^{40}}{Ar^{39}}$ با استفاده از آدولاریای رگه ها تعیین می شود. تاریخ های گزارش شده

بیانگر سن کانی سازی کانسارهای مختلف هستند. $\frac{Ar^{40}}{Ar^{39}}$

آدولاریای رگه ها و سنگ میزبان 14 کانسار منطقه Hauraki Goldfield آنالیز شد. بعضی از نمونه های رگه ای به صورت آدولاریای کریستالی دانه درشت بودند که توسط handpicking تفکیک شدند. مقداری از آدولاریای تفکیک شده توسط مقایسه با پروفیل های XRD کمی سازی شد. نمونه های Martha و Favona برای آنالیز

به مدت 6 ساعت در موقعیت L67 رآکتور Phoenix-Ford Memorial و نمونه های سایر کانسارها در $\frac{Ar^{40}}{Ar^{39}}$

موقعیت ^{50}C رآکتور McMaster Nuclear تحت تابش قرار گرفتند و با استفاده از پرتوهای متمرکز لیزری برانگیخته شدند. سپس توسط اسپکترومتر جرمی مورد آنالیز قرار گرفتند. تمامی نمونه‌ها با استفاده از آشکارساز Daly و نسبت ایزوتوپ‌های بیان شده نمایش داده شدند.

برای نمونه‌های Re-Os کانسارهای Ohio Creek و Martha از متد Barra و همکاران استفاده شد. تقریباً 0/02 تا 0/1 مولیبدنیت خالص در لوله Carius قرار داده شد. سپس ^{185}Re و ^{190}Os اضافه شد. همچنین 2 تا 3 میلیمتر هیدروژن پراکسید برای اطمینان از اکسیداسیون کامل نمونه‌ها اضافه شد. لوله به مدت 8 ساعت در دمای 240 درجه سانتیگراد حرارت داده شد و محلول تا عصاره‌گیری اسمیم تحت کنترل درآمد و اسمیم جداسازی شد و بر روی تار پلاتینی برای افزایش یونش قرار داده شد. بعد از تفکیک اسمیم، باقیمانده محلول اسیدی خشک شد و باقیمانده آن در HNO_3 حل شد و رنیوم به دست آمد. نمونه‌ها توسط طیف‌سنجی جرمی یون دما منفی آنالیز شدند. تمامی رنیوم و اسمیم در نمونه‌های مولیبدنیت اندازه‌گیری شد.

نتایج

جدول 1 تاریخ‌های آدولاریا را در 14 منطقه Hauraki Goldfield و جدول 2 سن‌های منتخب را برای سنگ‌های کانه‌ساز همین منطقه نشان می‌دهد.

TABLE 1. ⁴⁰Ar/³⁹Ar Age Determinations of Adularia from the Paritu, Opatonui, Broken Hills, Wharekiraponga, Maratoto, Sovereign, Waiti, Favona, Karangahake, and Waiorongomai Deposits (all errors are ±2σ)

AU no.	CM Hall no.	Location	Plateau	MSWD	F39 (%)	Isochron	40/36 Intercept	n	MSWD	Total gas	Comments
56756	MC07-S16a	Broken Hills	7.15 ± 0.05	0.94	100%	7.14 ± 0.06	296.2 ± 1.6	13	0.95	7.20 ± 0.14	Rhombohedral adularia crystals from vein
56756	MC07-S16b	Broken Hills	7.12 ± 0.06	1.16	100%	7.12 ± 0.06	296.3 ± 2.6	13	1.22	7.15 ± 0.10	Duplicate of above
56757	MC07-S17a	Broken Hills	7.12 ± 0.03	1.78	98.7%	7.08 ± 0.10	346.8 ± 148	9	1.84	7.12 ± 0.05	Rhombohedral adularia crystals from vein
56757	MC07-S17b	Broken Hills	4.49 ± 0.12	0.47	100%	7.12 ± 0.03	296.1 ± 5.8	13	0.51	7.12 ± 0.05	Duplicate of above
59722	MC24-m3a	Eliza	4.49 ± 0.12	0.34	85%	4.49 ± 0.12	304.3 ± 9.8	13	0.71	4.64 ± 0.23	Adularia from quartz vein
59722	MC24-m3a	Eliza	4.46 ± 0.07	0.5	98%	4.49 ± 0.20	288.8 ± 181	4	0.51	4.33 ± 0.13	Plateau points
59722	MC24-m3b	Eliza	6.01 ± 0.14	0.96	59.8%	4.47 ± 0.07	277.3 ± 12	13	0.65	6.47 ± 0.09	Duplicate of above
59722	MC24-m3b	Eliza	6.07 ± 0.10	1.52	60.9%	4.47 ± 0.08	279.7 ± 71	7	0.51	6.76 ± 0.13	Plateau points
55007	M191-C26a	Favona	6.26 ± 0.07	1.47	100%	6.26 ± 0.08	296.2 ± 8.0	13	1.60	6.52 ± 0.06	Adularia from quartz vein
55007	M191-C26b	Favona	6.14 ± 0.06	1.70	100%	6.13 ± 0.06	297.7 ± 12	13	1.81	6.32 ± 0.10	Duplicate of above
59720	MC24-m6a	Jubilee/Scotia	6.40 ± 0.08	1.61	54.1%	6.29 ± 0.14	302.4 ± 8.6	13	1.86	6.44 ± 0.07	1- to 2-mm-wide adularia veinlet
59720	MC24-m6b	Jubilee/Scotia	6.90 ± 0.20	1.17	76.9%	6.28 ± 0.33	304.7 ± 24	5	1.70	6.47 ± 0.09	Duplicate of above
43566	MC07-S28a	Karangahake	6.12 ± 0.23	1.13	59.4%	6.54 ± 0.37	312.6 ± 15	9	0.50	6.60 ± 0.23	Adularia from comb quartz vein
43566	MC07-S28b	Karangahake	6.12 ± 0.23	1.13	59.4%	6.15 ± 0.27	292.5 ± 10	9	1.23	6.47 ± 0.09	Duplicate of above
43566	MC07-S28c	Karangahake	5.75 ± 0.10	1.56	83.4%	6.16 ± 0.41	280.3 ± 15	9	1.17	6.32 ± 0.12	Plateau points
43566	MC07-S28d	Karangahake	5.71 ± 0.13	0.76	72.8%	5.81 ± 0.19	292.1 ± 5	5	0.58	5.61 ± 0.13	Duplicate of above
43566	MC07-S28e	Karangahake	6.29 ± 0.08	0.55	55.3%	6.22 ± 0.12	306.4 ± 16	13	1.31	6.47 ± 0.09	Plateau points
18165	MC07-S14a	Maratoto	6.35 ± 0.10	1.17	93.7%	6.32 ± 0.12	301.0 ± 13	13	1.43	6.21 ± 0.08	Adularia from quartz vein
18165	MC07-S14b	Maratoto	6.35 ± 0.10	1.17	93.7%	6.35 ± 0.16	285.3 ± 38	11	1.29	6.32 ± 0.12	Plateau points
18172	MC07-S13a	Maratoto	6.44 ± 0.05	1.04	83.7%	6.47 ± 0.05	287.7 ± 1.4	13	0.83	6.08 ± 0.09	Duplicate of above
18172	MC07-S13b	Maratoto	6.60 ± 0.07	0.91	63.6%	6.50 ± 0.11	277.3 ± 29	10	1.01	6.49 ± 0.07	Plateau points
18172	MC07-S13c	Maratoto	6.37 ± 0.07	1.14	94.9%	6.66 ± 0.15	284.2 ± 27	6	0.98	6.34 ± 0.09	Duplicate of above
18172	MC07-S13d	Maratoto	6.37 ± 0.07	1.14	94.9%	6.36 ± 0.09	249.5 ± 10	13	1.70	6.34 ± 0.09	Coarse adularia intergrown with comb quartz in vein
18176	MC07-S15a	Maratoto	6.43 ± 0.08	1.24	87.2%	6.32 ± 0.12	312.1 ± 34	11	1.13	6.42 ± 0.11	Plateau points
18176	MC07-S15b	Maratoto	6.43 ± 0.08	1.24	87.2%	6.41 ± 0.10	289.2 ± 7.2	13	1.77	6.42 ± 0.11	Duplicate of above
18176	MC07-S15c	Maratoto	6.43 ± 0.08	1.24	87.2%	6.47 ± 0.06	285.5 ± 7.2	10	1.39	6.43 ± 0.09	Plateau points
46851	M191-C21a	Martha	6.17 ± 0.19	0.59	57.1%	5.86 ± 0.31	296.0 ± 3.8	14	1.95	6.00 ± 0.39	Adularia from vein breccia
46851	M191-C21b	Martha	6.17 ± 0.19	0.59	57.1%	6.03 ± 0.25	307.1 ± 12	14	0.90	6.43 ± 0.30	Duplicate of above
46876	M191-C19a	Martha	6.14 ± 0.04	1.17	99.8%	6.10 ± 0.04	289.4 ± 2.8	8	1.20	6.38 ± 0.24	Host-rock adularia
46876	M191-C19b	Martha	6.20 ± 0.07	1.22	92.0%	6.18 ± 0.08	297.3 ± 7.8	5	1.70	6.18 ± 0.19	Duplicate of above
55008	M191-C20c	Martha	6.05 ± 0.12	0.84	70.9%	5.97 ± 0.14	325.5 ± 15	8	0.94	6.17 ± 0.05	Coarse adularia crystals in vein
55008	M191-C20b	Martha	6.09 ± 0.12	0.86	86.2%	6.15 ± 0.05	297.3 ± 2.6	8	1.35	6.23 ± 0.08	Duplicate of above
55009	M191-C25a	Martha	6.19 ± 0.05	1.20	99.3%	6.15 ± 0.05	297.3 ± 2.6	8	1.35	6.32 ± 0.19	Host-rock adularia
55009	M191-C25b	Martha	6.19 ± 0.05	1.20	99.3%	6.15 ± 0.05	297.3 ± 2.6	8	1.35	6.28 ± 0.14	Duplicate of above
55010	M191-C27a	Martha	6.19 ± 0.05	1.20	99.3%	6.15 ± 0.05	297.3 ± 2.6	8	1.35	6.26 ± 0.08	Coarse adularia crystals in host rock

TABLE 1. (Cont.)

AU no.	CM Hall no.	Location	Plateau	MSWD	F39 (%)	Isochron	40/36 Intercept	n	MSWD	Total gas	Comments
55010	M191-C27b	Martha	5.96 ± 0.06	0.67	69.0%	6.13 ± 0.09	297.3 ± 2.6	8	1.35	6.13 ± 0.09	Duplicate of above
59723	MC24-m4a	Muir's Reef	2.12 ± 0.11	1.6	93.5%	2.38 ± 0.22	297.3 ± 2.6	8	1.35	2.38 ± 0.22	Adularia from quartz vein
59723	MC24-m4b	Muir's Reef	1.78 ± 0.16	1.53	96.1%	2.30 ± 0.26	297.3 ± 2.6	8	1.35	2.30 ± 0.26	Duplicate of above
59723	MC24-m4c	Muir's Reef	n/a			2.15 ± 0.12	297.3 ± 2.6	8	1.35	2.15 ± 0.12	Duplicate of above
59719	MC24-m5a	Ohui	8.25 ± 0.55	1.93	95.9%	8.18 ± 0.62	312.1 ± 34	11	1.13	8.18 ± 0.62	Adularia from quartz vein
59719	MC24-m5a	Ohui	8.31 ± 0.20			8.31 ± 0.20	-6.2 ± 86	7	0.06	8.31 ± 0.20	Plateau points
59719	MC24-m5b	Ohui	8.42 ± 0.50	0.94	80%	8.53 ± 1.15	599.2 ± 1731	13	1.27	8.88 ± 0.79	Duplicate of above
59719	MC24-m5b	Ohui	8.47 ± 0.27			8.47 ± 0.27	43.7 ± 143	5	0.13	8.47 ± 0.27	Plateau points
59719	MC24-m5c	Ohui	8.24 ± 0.35	0.17	92.2%	8.24 ± 0.35	377.5 ± 126	13	0.62	8.35 ± 0.49	Duplicate of above
59719	MC24-m5c	Ohui	8.52 ± 2.29			8.52 ± 2.29	-558.0 ± 6654	6	0.11	8.52 ± 2.29	Plateau points
56760	MC07-S22a	Opatonui	13.17 ± 0.07	0.65	97.6%	13.25 ± 0.07	296.8 ± 3.2	13	0.65	13.02 ± 0.10	Adularia from quartz vein
56760	MC07-S22a	Opatonui	13.17 ± 0.07	0.65	97.6%	13.24 ± 0.12	287.3 ± 11	10	0.46	13.02 ± 0.10	Plateau points
56760	MC07-S22b	Opatonui	13.14 ± 0.08	0.67	76%	13.01 ± 0.96	320.5 ± 180	4	0.96	12.96 ± 0.09	Duplicate of above
56760	MC07-S22b	Opatonui	13.12 ± 0.07	0.45	100%	13.13 ± 0.07	292.9 ± 4.4	13	0.39	13.09 ± 0.10	Plateau points
56761	MC07-S23a	Opatonui	13.20 ± 0.11	1.77	97.9%	13.20 ± 0.11	274.8 ± 24.4	13	0.39	13.10 ± 0.07	Adularia from quartz vein
56761	MC07-S23b	Opatonui	13.20 ± 0.11	1.77	97.9%	13.01 ± 0.96	320.5 ± 180	4	0.96	13.10 ± 0.07	Duplicate of above
56762	MC07-S24a	Opatonui	12.82 ± 0.09	1.21	98.1%	12.82 ± 0.10	295.5 ± 4.8	13	1.61	12.77 ± 0.12	Plateau points
56762	MC07-S24a	Opatonui	12.82 ± 0.09	1.21	98.1%	12.84 ± 0.09	289.4 ± 5.4	11	0.82	12.77 ± 0.12	Duplicate of above
56762	MC07-S24b	Opatonui	13.14 ± 0.08	1.26	86.2%	13.15 ± 0.09	286.7 ± 2.6	13	1.53	12.79 ± 0.11	Plateau points
56762	MC07-S24b	Opatonui	13.14 ± 0.08	1.26	86.2%	13.21 ± 0.14	261.0 ± 59	8	1.24	12.79 ± 0.11	Adularia from quartz vein
56763	MC07-S25a	Paritu	16.32 ± 0.13	1.69	55.3%	16.51 ± 0.31	284.0 ± 17	5	1.41	16.19 ± 0.13	Plateau points
56763	MC07-S25a	Paritu	16.32 ± 0.13	1.69	55.3%	16.51 ± 0.31	284.0 ± 17	5	1.41	16.19 ± 0.13	Adularia from quartz vein
56763	MC07-S25b	Paritu	16.32 ± 0.13	1.69	55.3%	16.51 ± 0.31	284.0 ± 17	5	1.41	16.36 ± 0.21	Plateau points
56758	MC07-S20a	Sovereign	6.81 ± 0.06	0.95	96.4%	6.70 ± 0.07	297.4 ± 0.6	13	1.07	6.87 ± 0.15	Duplicate of above
56758	MC07-S20a	Sovereign	6.81 ± 0.06	0.95	96.4%	6.87 ± 0.20	294.4 ± 3.4	10	1.05	7.06 ± 0.11	Host-rock adularia
56758	MC07-S20b	Sovereign	6.81 ± 0.06	0.95	96.4%	6.87 ± 0.20	294.4 ± 3.4	10	1.05	6.87 ± 0.15	Plateau points
56759	MC07-S21a	Sovereign	6.56 ± 0.08	0.93	62.1%	6.57 ± 0.09	295.4 ± 1.4	7	1.12	6.30 ± 0.11	Duplicate of above
56759	MC07-S21a	Sovereign	6.56 ± 0.08	0.93	62.1%	6.57 ± 0.09	295.4 ± 1.4	7	1.12	6.30 ± 0.11	Host-rock adularia
56759	MC07-S21b	Sovereign	6.56 ± 0.08	0.93	62.1%	6.57 ± 0.09	295.4 ± 1.4	7	1.12	6.47 ± 0.04	Plateau points
56759	MC07-S21b	Sovereign	6.56 ± 0.08	0.93	62.1%	6.57 ± 0.09	295.4 ± 1.4	7	1.12	6.47 ± 0.04	Duplicate of above
59721	MC24-m7a	Sovereign	6.69 ± 0.17	0.82	100%	6.69 ± 0.17	298.8 ± 7.2	7	0.65	6.70 ± 0.32	Plateau points
59721	MC24-m7b	Sovereign	6.74 ± 0.38	0.71	94.4%	6.69 ± 0.18	297.4 ± 12	13	0.89	6.70 ± 0.32	Adularia from quartz vein
59721	MC24-m7c	Sovereign	6.74 ± 0.38	0.71	94.4%	6.97 ± 0.50	214.8 ± 149	3	0.72	6.58 ± 1.02	Duplicate of above
59721	MC24-m7c	Sovereign	n/a			6.97 ± 0.50	214.8 ± 149	3	0.72	6.37 ± 0.19	Plateau points
33870	MC07-S18a	Waiorongomai	5.74 ± 0.04	0.81	99.3%	5.75 ± 0.04	292.5 ± 3.8	11	0.62	5.82 ± 0.06	Coarse adularia in quartz vein
33870	MC07-S18a	Waiorongomai	5.74 ± 0.04	0.81	99.3%	5.75 ± 0.04	292.5 ± 3.8	11	0.62	5.82 ± 0.06	Plateau points
33870	MC07-S18b	Waiorongomai	5.68 ± 0.04	1.44	99.5%	5.68 ± 0.04	296.8 ± 2.2	13	1.53	5.74 ± 0.06	Duplicate of above
33870	MC07-S18c	Waiorongomai	5.68 ± 0.04	1.44	99.5%	5.68 ± 0.04	295.4 ± 4.2	12	1.59	5.74 ± 0.06	Plateau points
33973	MC07-S19a	Waiorongomai	5.72 ± 0.09	0.96	89.0%	5.75 ± 0.10	281.8 ± 5.8	13	1.32	5.56 ± 0.14	Adularia bands in quartz-base metal sulfide vein
33973	MC07-S19a	Waiorongomai	5.72 ± 0.09	0.96	89.0%	5.75 ± 0.10	281.8 ± 5.8	13	1.32	5.56 ± 0.14	Plateau points
33973	MC07-S19b	Waiorongomai	5.74 ± 0.07	1.05	100%	5.65 ± 0.16	320.9 ± 42	10	0.87	5.67 ± 0.10	Duplicate of above
33973	MC07-S19b	Waiorongomai	5.74 ± 0.07	1.05	100%	5.77 ± 0.07	287.7 ± 9.2	13	0.90	5.67 ± 0.10	Plateau points
56755	MC07-S29a	Wharekiraponga	6.24 ± 0.08	0.54	100%	6.24 ± 0.10	295.5 ± 4.4	13	0.59	6.26 ± 0.13	Adularia from colloform quartz vein
56755	MC07-S29b	Wharekiraponga	6.37 ± 0.07	1.16	98.3%	6.38 ± 0.07	293.3 ± 3.4	13	1.33	6.33 ± 0.07</	

TABLE 2. Summary of Preferred Ages for the Hauraki Goldfield

Location	Province	Preferred age (Ma)	Comments	Reference
Broken Hills	Eastern	7.12 ± 0.02	Average of four ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateaus from adularia from two quartz veins	This study
Eliza	Southern	4.47 ± 0.06	Average of two ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateaus from adularia from one quartz vein	This study
Favona	Southern	6.05 ± 0.08	Average of two ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateaus from adularia from one quartz vein	This study
Golden Cross	Southern	6.98 ± 0.11	Average of four ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateaus from adularia from two quartz veins	Mauk and Hall (2004)
Karangahake	Southern	6.9 to 6.1	Three ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar dates of adularia from two quartz veins	This study
Komata	Southern	6.06 ± 0.06	Average of two ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateaus from coarse adularia from one vein	Mauk and Hall (2004)
Kuaotunu	Northern	14.1 ± 0.2	K-Ar adularia	Skinner (1986)
Maratoto	Southern	6.41 ± 0.04	Average of four ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateaus from adularia from three quartz veins	This study
Martha	Southern	6.16 ± 0.06	Average of two ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateaus from adularia from one quartz vein	This study
Muir's Reef	Southern	2.1 to 1.8	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateau dates of adularia from one quartz vein	This study
Neavesville	Eastern	6.88 ± 0.04	Average of four ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateaus from coarse adularia from two veins	Mauk and Hall (2004)
Ohio Creek	Northern	12.0 to 11.9	Re-Os molybdenite	This study
Ohui	Eastern	8.29 ± 0.25	Average of three ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateaus from adularia from one quartz vein	This study
Opitonui	Northern	13.15 ± .03	Average of five ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateaus from adularia from three quartz veins	This study
Paritu	Northern	16.32 ± 0.13	Single ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateau date of adularia from one quartz vein	This study
Sovereign	Southern	6.70 ± 0.16	Average of two ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateaus from adularia from one quartz vein	This study
Waiorongomai	Southern	5.71 ± 0.03	Average of four ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateaus from adularia from two veins	This study
Waiomu	Northern	10.8 ± 0.1	K-Ar sericite	Skinner (1986)
Wharekirauponga	Eastern	~6.3	Average of two ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar plateaus from adularia from one quartz vein	This study

بحث

کانسارهای منطقه Hauraki Goldfield در مناطق جنوبی جوان‌ترند. کانسارهای ایالت شمالی قدیمی‌تر از 11 میلیون سال پیش و کانسارهای ایالت‌های شرقی و جنوبی جوانتر از 8/3 میلیون سال پیش هستند که نشان از وجود اختلافات معنی‌داری می‌باشد. بدین معنی که فعالیت‌های ولکانیکی و ساختارهای این مناطق تغییر کرده‌است.

مدت زمان کانی‌سازی هیدروترمال در ناحیه Waihi

ناحیه Waihi شامل معدن Martha و کانسار تازه کشف شده Favona می‌باشد که در داخل یک زون مگنتیتی قرار گرفته‌اند. شواهد زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی با تشکیل هر دو کانسار از همان سیستم هیدروترمال سازگاری دارد. سن تعیین شده کانسارهای Martha و Favona این فرضیه را تایید می‌کند. بنابراین اطلاعات موجود نشان می‌دهد که سیستم‌های هیدروترمال در ناحیه Waihi در 6/5 تا 6/1 میلیون سال پیش که یک دوره 390000 تا 460000 ساله بوده‌است، فعال بوده‌اند و کانی‌سازی نیز از همان تیپ سیستم هیدروترمالی یا از تیپ‌های مختلف فعالیت‌های هیدروترمال نزدیک تشکیل شده‌اند. محدودیت‌ها نشان می‌دهد که کانی‌سازی در یک محدوده زمانی طولانی اتفاق افتاده‌است اما بعضی مواقع کانی‌سازی را به مدت کوتاهی نسبت می‌دهند. برای مثال رگه Hosen در هیشیکاری، ژاپن، در مدت زمان 260000 ساله تشکیل شده‌است و سیستم هیدروترمالی که کانی‌سازی را

سبب شده است عمر 600000 ساله داشته است. هنوز فعالیت‌های ژئوترمالی در منطقه هیشیکاری وجود دارد که نشان می‌دهد که سیستم هیدروترمال ممکن است به همان صورت فعال باشد.

توالی سنی، متالوژنی و کانی‌سازی طلا در طی زمان

یک فاصله زمانی و فضایی کانی‌سازی بین ایالت شمالی با ایالت‌های شرقی و جنوبی وجود دارد، با این وجود، فعالیت‌های ولکانیکی طی این دوران به طور پیوسته ظاهر شده‌اند. شکل 1 سن کانی‌سازی‌ها را نشان می‌دهد.

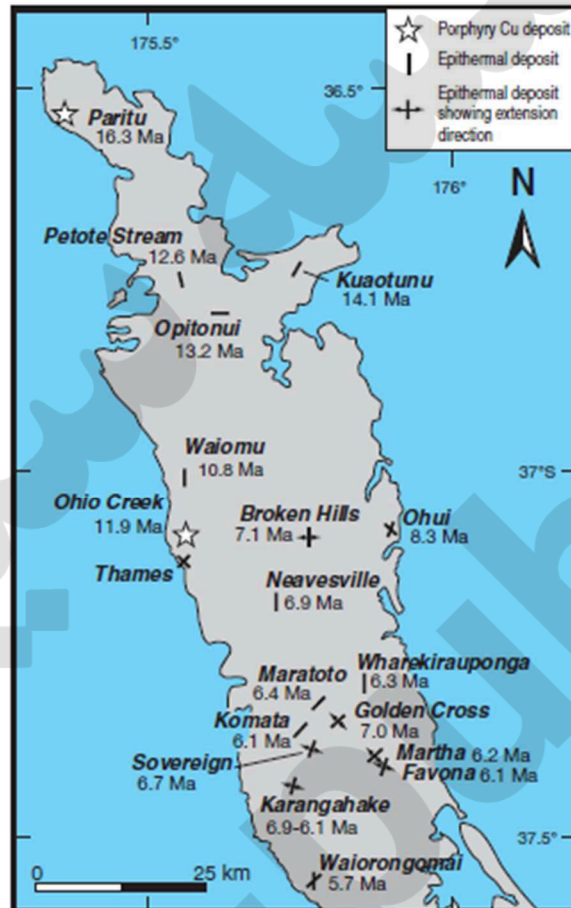


FIG. 1 Map of the Hauraki goldfield, showing the ages of epithermal and porphyry deposits, and also the direction of extension, where constrained from kinematic indicators. Data sources in text.

در حالت کلی سن کانی‌سازی از شمال به جنوب کاهش می‌یابد اما همان تغییرات مهم وجود دارند. تغییرات سنی و موقعیتی کانسارها نشان می‌دهد که این کانسارها از چندین سیستم هیدروترمال مختلف با هاله‌های دگرسانی مشترک تشکیل شده‌اند. این تغییرپذیری قابل توجه کانسارها بازتاب سیر تکاملی مجموعه و همپوشانی فضایی منشا سیستم‌های هیدروترمال باشد.

ارزش فلزی کانسارهای این ایالت‌ها نیز متفاوت است. ایالت شمالی 59137 کیلوگرم، ایالت شرقی 1607 کیلوگرم و ایالت جنوبی 307640 کیلوگرم طلا تولید کرده‌است. بنابراین بیش از 80 درصد طلای به دست آمده، در مدت زمان 6/9 تا 6 میلیون سال پیش در ایالت جنوبی ته‌نشین شده‌اند.

سیر تکامی ولکانیکی و ساختاری

جزیره شمالی نیوزلند و منطقه مجاور آن متحمل سازماندهی مجدد تکتونیکی مهمی در 30 میلیون سال پیش شده‌است. یک توافق بزرگ وجود دارد که ولکانیسم در جزیره شمالی نیوزلند از حدود 25 تا 15 میلیون سال پیش متمرکز شده‌است. یک توافق دیگر وجود دارد که ولکانیسم از Coromandel تا زون ولکانیکی Taupo بعد از 2 میلیون سال مهاجرت کرده‌است و اکنون در امتداد کمان ولکانیکی Tonga-Kermadec-Taupo قرار گرفته‌است. توافقی دیگر بیان می‌کند که سنگ‌های ولکانیکی معمولاً در بخش جنوبی زون ولکانیکی Coromandel جوان هستند. 3 احتمال برای منشأ سنگ‌های ولکانیکی زون ولکانیکی Coromandel وجود دارد: 1- این سنگ‌ها کاملاً در ارتباط با مهاجرت جنوبی زون ولکانیکی Northland می‌باشد. 2- سنگ‌های زون ولکانیکی Coromandel محصول ولکانیسم onshore از کمان Colville می‌باشند. 3- سنگ‌های ولکانیکی زون ولکانیکی Coromandel محصول هر دو کمان Northland و Colville هستند. بنابر اطلاعات موجود مورد 3 محتمل‌تر است.

آنالیزهای ساختاری کانسارهای اپی‌ترمال نشان می‌دهد که اکثر رگه‌ها در محیط‌های کششی باز شده‌اند. کانسار Broken Hills شامل رگه‌های با جهت شمالی جنوبی است که با ساختار محیط‌های کششی سازگار است. بنابراین نتایج، کشش شمالی-غربی - جنوب‌شرقی در منطقه Hauraki Goldfield را از 7/1 تا 6 میلیون سال پیش نشان می‌دهند.

ولکانیسم در زون ولکانیکی Coromandel تقریباً از 18 میلیون سال پیش شروع و توسط فوران آندزیتی Kuaotunu Subgroup مجموعه Coromandel از 11 تا 10 میلیون سال پیش مشخص شد. سپس ولکانیسم از فوران آندزیتی به سیستم bimodal تغییر یافت. اطلاعات موجود نشان می‌دهد که تغییرات نوع کانی‌سازی از ایالت شمالی به ایالت‌های شرقی و جنوبی، با تغییرات ولکانیسم هم‌زمان بوده‌است.

اولین احتمال ذکر شده نشان می‌دهد که سنگ‌های ولکانیکی زون ولکانیکی Coromandel در ارتباط با مهاجرت جنوب غربی زون ولکانیکی Northland می‌باشد. از طرفی اطلاعات موجود نشان می‌دهد که زون Colville باید اثر متقابل با جزیره شمالی داشته‌باشد، بنابراین احتمال اول رد می‌شود. احتمال دوم بیان می‌کند که سنگ‌های زون ولکانیکی Coromandel محصول ولکانیسم onshore از زون Colville می‌باشند. این فرضیه نتوانست تغییرات جهت رگه‌ها را شرح دهد. احتمال سوم تغییرات ترکیب ولکانیسم، تغییر جهت و کشش منطقه‌ای رگه‌ها را در ایالت‌های جنوبی و شرقی شرح می‌دهد و پذیرفته می‌شود.

نتیجه‌گیری

کانی‌سازهای طلای اپی‌ترمال در Hauraki Goldfield در 16/3 تا 1/8 میلیون سال پیش همزمان با تغییرات ولکانیسم تشکیل شده‌اند. نتایج دقیق $\frac{Ar^{40}}{Ar^{39}}$ و Re-Os نشان می‌دهد که کانی‌سازی‌ها در 2 دوره مجزا رشد کرده‌اند. Goldfield بیشتر از 320000 کیلوگرم طلا و 1/5 میلیون کیلوگرم نقره تولید می‌کند. ذخیره طلا به تدریج و یکنواخت تشکیل نشده‌است، اما بیشترین کانی‌سازی طلا در یک دوره زمانی کوتاه کمتر از 1 میلیون سال تهنشین شده‌است. بیشترین دوره کانی‌سازی طلا، با کشش‌های منطقه‌ای و ولکانیسم bimodal همزمان بوده‌اند.