

パラワン島リオツバ地区におけるニッケル採掘および現地精錬に起因する
六価クロムなどによる環境汚染について

大沼淳一

(名古屋大学災害研究会)

(2024年12月4日)

1. はじめに

世界的にニッケルの需要は増加傾向にある。2020年のニッケル鉱石生産量は243.8万トンであり、国別で第1位は69.4万トンのインドネシア、2位は34.5万トンのフィリピンであり、以下ロシア、ニューカレドニアと続く1)。現在は従来からのステンレス鋼をはじめとする合金製造の原料としての用途が最大ではあるが、近年は電池



図1 スルー海とリオツバ

製造からの需要が顕著な伸びを示している。エネルギー・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) の資料によると、2018年のニッケルの世界需要231万トンのうちステンレスが68%に対して電池は5%に過ぎないが、2040年予測では需要403万トンのうちステンレスは48%に後退し、電池が30%とされている2)。脱炭素の流れの中でEV車や再生可能エネルギーのバックアップとしての電池の需要が急増しているためであろう。

日本のニッケル鉱輸入相手国を見ると、2013年まではインドネシアが1位で全輸入量の半分以上を占めていたが、2014年にインドネシアの鉱石輸出禁止措置によって激減し、以後はフィリピンとニューカレドニアが年ごとに1位2位を分けあっている。一方、ニッケル地金の主原料であるニッケルマットの輸入量で見ると、インドネシアが2012年から2021年の平均で87%を占めて断トツの1位を占めている3)。

さて、ニッケルは脱炭素の流れの中で鍵となる金属であるが、その採掘現場ではどんなことが起きているのだろうか。フィリピン・パラワン島の南端近くに位置するリオツバ地区(図1)ではリオツバ鉱山および低品位鉱からのHPAL法(High Pressure Acid Leach)によるニッケル精錬工場(住友金属鉱山が84.375%を出資する合弁企業コーラルベイニッケル社(CBNC))が操業している。現地の先住民パラワンから環境汚染や健康被害の訴えが出ていることからFoE Japanによるアンケートや聞き取りを主とした先行調査が行われた。この結果を受けて、理化学的な追加調査が必要であることがわかり、筆者が参加することとなった。理化学的環境調査は2009年から開始された。本稿では、その調査で明らかになった六価クロムおよびニッケルなど重金属類による水質汚染の実態を中心に報告する。

2. 現地の状況

2005 年に操業を開始した第 1 製錬所では、年間生産量がニッケル約 10,000 トン、コバルト約 700 トンである。2009 年に操業を開始した第 2 製錬所も同規模で、年間ニッケル生産量合計は約 20,000 トン、コバルトは 1,500 トンに達しており、2018 年のニッケル世界需要の約 1% に相当する。高品位鉱は中国に輸出されるが、現地に積み上げられた低品位鉱について輸送コストをカットして現地精錬するプラントであり、それを稼働するために石炭火力発電所が併設されている。製錬工程に必要な石灰石鉱山もあり、年間 19 万トンの採掘がおこなわれ、粉塵の発生源となっていた。

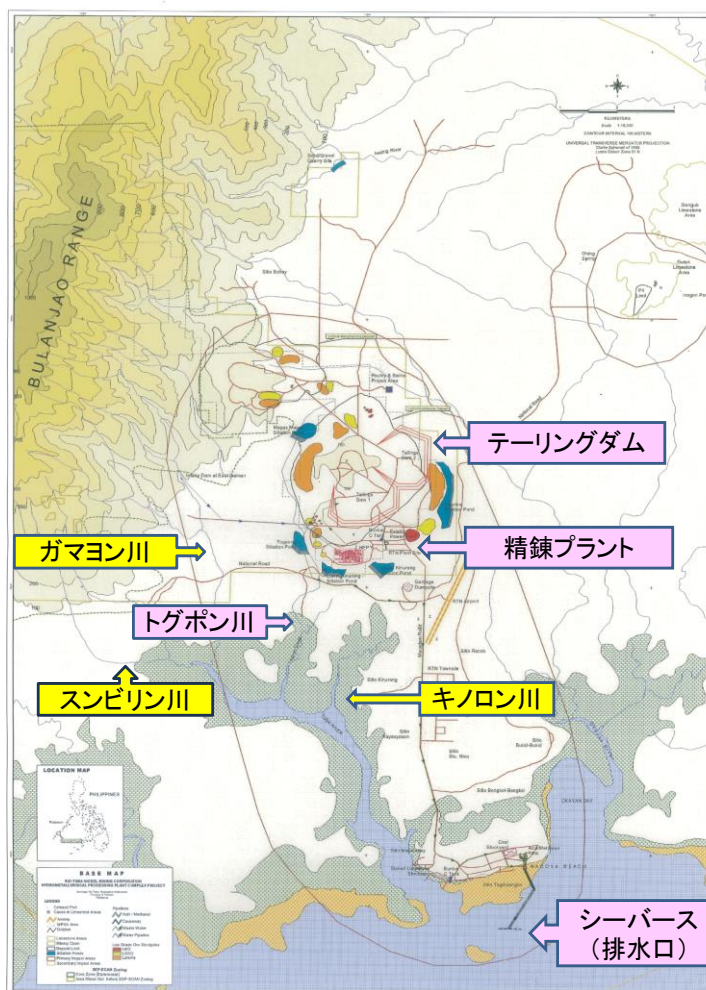


図 2 リオツバ地区概要地図

(2009 年 12 月 9 日会合時の住友金属鉱山提供資料を筆者が加工)

図 2 にリオツバ地区の概要を示す。標高 1000m をわずかに超えるブランジャオ山は先住民族にとって聖なる山であり、その一部区域が、フィリピン共和国法 7611 号（パラワンのための戦略的環境計画法：SEP Law、1992 年制定）9 条 1 項で定められている「コア・ゾーン」、つまり、「最大限の保護を受ける地域」として、徹底かつ厳重な保護が要求されている地域である。この山の東南側山麓にリオツバ鉱山があり、その下方に精錬プラントやテーリングダムが立地している。図の下方のスルー海に向けて口を開くリオツバ入江には、西から順にスンビリン川、ガマヨン川、トグボン川、キノロン川が流入している。入江の両岸の緑灰色で図示されているのはマングローブ帯で、リオツバ入江の豊かな生態系や先住民族の漁業活動を支えていたものと思われる。

CBNC 社の立地と操業に伴い、沖合 1km にサンゴ礁を破壊してシーバースが建設され、

工場排水はパイプで運ばれてシーバースの水深数mの位置で海中放流されている。日本から運ばれる濃硫酸もここで荷揚げされる。先住民族等からの聞き取り調査では、操業開始後に近海で魚が獲れなくなったという声が聞かれている。

HPAL 法を簡単に説明すると、リオツバ鉱山で掘削された低品位ニッケル鉱を高温の硫酸で溶解し、溶解液の pH を調節しながら硫化水素を吹き込み、硫化ニッケル（硫化コバルトを含む）と硫化亜鉛を沈殿分離し、残液に石灰を投入して石膏として巨大な沈殿池（テーリングダム）に排出する。廃棄物としての大量の石膏（硫酸カルシウム）が堆積するために、1号沈殿池はすでに満杯となり、2号沈殿池が稼働している。

3. 調査方法

工場や鉱山に立ち入りして調査することが出来ない。すでに述べたように工場排水はパイプラインでシーバースまで運ばれて、水深数mの水中に放流されているのでサンプリングが出来ない。このため、第一次総合調査（2010年）ではリオツバ鉱山およびCBNC社プラントエリアを集水域とするトグボン川の河水水および先住民族集落の井戸水、およびCBNC社が先住民族集落に提供している飲料水、さらには比較対象として汚染されていないと思われるスンビリン川など数本の河水水について水質調査を行った。

サンプリング現場では、pH試験紙による簡易pH測定、および簡易パックテスト（共立理化学研究所製）による六価クロムの測定を行った。サンプルは試料水で共洗いしたポリエチレン瓶に空気が入らないように密栓して日本の研究室まで運んだ。研究室に運ばれたサンプルは、1%となるように濃硝酸を添加してマイクロウェーブで沸騰直前まで加温した後に放冷し、ろ過をしてICP/MS（誘導結合プラズマ質量分析法）によって金属分析を行った。井戸水については、イオンクロマトグラフィーによって陰イオンの分析も行った。

トグボン川などが流入するリオツバ入江については、チャーターした漁船の上からエクマンバージ型採泥器によって底質を採取した。試料は研究室に持ち帰り、王水分解してICP/MS法で金属分析を行った。

継続モニタリング調査では、トグボン川中流およびその下流である感潮域3地点（上端からリオツバ入江流入点まで）を中心として現地サンプリングを年間2回程度（乾季と雨季）実施して今日（2024年）に至っている。2020年から2022年乾季まではコロナ禍で調査が中断した。

4. 調査結果と考察

1) 六価クロム汚染の発見

2009年に行った予備調査では現地に何種類かの簡易パックテストを持参して、トグボン川中流に定めた調査地点（公道の渡河点）で測定を試みたところ、六価クロムで日本の当時の環境基準および水道法基準（0.05mg/L）を超過していた。日本に持ち帰って再測定

をしたところ、やはり基準を超過していた。この試料を ICP/MS で分析すると、六価クロムとほぼ同等の濃度の全クロムが検出された。簡易パックテストの中で六価クロムのテストキットは、JIS 法 4) に定められた分析方法とほぼ同じ原理であるために、濃度判定の時に印刷された色見本と比較するところだけがやや精度を削いでいることを除けば比較的精度が高い。トグポン川中流で採取されたサンプルの六価クロムと全クロムとの直線関係を図 3 に示す。

日本の環境水質調査においては、反応性の高い六価クロムは水中の有機物と反応して容易に三価クロムへと還元されるので迅速な測定が必要である。しかし、有機物が少ない熱帯地域では還元反応が起きにくいことがわかった。

その後六価クロムの水質基準は、水道法基準 (2020 年 3 月) 5) も環境基準 (2024 年) 6) も改正され、0.02mg/L となった。WHO の飲料水基準は 0.05mg/L のままだが、2020 年 3 月に暫定基準から正式な基準へと昇格し 7)、しかも六価クロムでなく全クロムの基準であることに注目しておく必要がある。

六価クロムと全クロムの関係

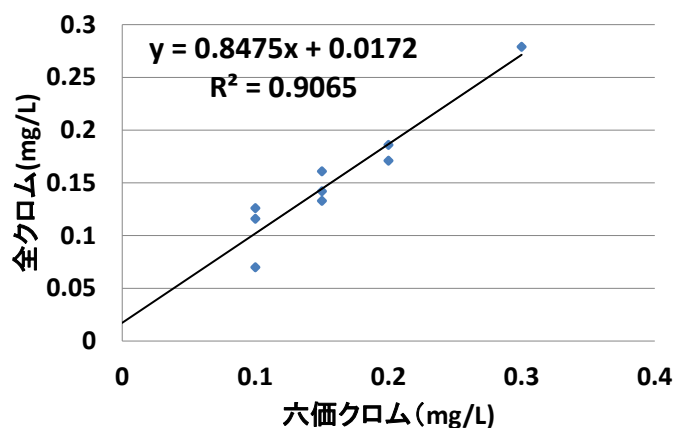


図3 簡易パックテストによる六価クロムと ICP/MS による全クロムとの相関

2) 第 1 次総合調査結果

2010 年、トグポン川以外の河川水も含めた調査を行った結果を表 1 に示す。全ての地点のうち六価クロムが検出されたのは、トグポン川中流だけであった。しかも、当時の水質環境基準の約 3 倍、現在の改正後基準の 7~8 倍である。ニッケルの水質環境基準はないが、当時の水道法の要監視項目指針値 0.01mg/L を超える地点がいくつかあった。その他の重金属類については懸念されるものはなかった。なお、「小さなクリーク」4 地点は河川名が特定できなかった地点で、別々の地点である。

集落ごとに掘られた共同井戸の地下水の測定結果を表 2 に示す。スンビリン村クラダノム集落でニッケルが 0.132mg/L 検出されているのは、ブランジャオ山のニッケル・ラテライト層の影響を受けている地下水であることを示しているものと思われる。ニッケルについて、水道法の要監視項目指針値として 0.01mg/L が示されていたが、厚労省 2016 年 2 月 17 日付、第 17 回厚生科学審議会生活環境水道部会資料「最新の科学的知見に基づく今後の水質基準等の改正方針 (案)」では、それまでの暫定値を削除して 0.02mg/L を

表1 リオツバ地区河川水水質調査結果

地点名	pH	EC(μS/cm)	Cr ⁶⁺	Cr	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
オカヤン川支流	7.0	219	—	0.001	15.7	0.222	0.528	0.012	0.012	0.008	<0.001	<0.001	<0.001
オカヤン川本流	6.5	285	—	0.002	3.54	0.006	0.054	0.014	0.014	0.005	<0.001	<0.001	<0.001
小さなクリーク	7.0	467	—	0.001	44.5	0.031	0.120	0.028	0.028	0.002	<0.001	<0.001	<0.001
トグボン川中流	7.0	551	0.15	0.161	49.4	0.009	0.004	0.035	0.035	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
小さなクリーク	7.0	319	—	0.001	<0.01	0.002	0.009	0.016	0.016	0.004	<0.001	<0.001	<0.001
ガドサン川右俣	6.5	361	—	0.002	<0.01	<0.001	0.001	0.013	0.013	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
ガドサン川左俣	6.5	346	—	0.014	<0.01	0.002	0.010	0.012	0.012	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
小さなクリーク	6.5	337	—	0.011	<0.01	0.002	0.009	0.013	0.013	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
小さなクリーク	7.0	448	—	0.015	0.02	0.013	0.062	0.037	0.037	0.004	<0.001	<0.001	<0.001
ガマヨ川	6.5	368	—	0.015	0.18	0.005	0.014	0.002	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
スンピリン川支流	7.0	316	—	0.001	4.26	0.01	0.040	0.004	0.004	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
スンピリン川本流	7.0	264	—	0.001	7.66	0.028	0.256	0.005	0.005	0.003	<0.001	<0.001	<0.001

pH:万能試験紙による簡易法、 EC (電気伝導度: μS/cm):オルガノ社SuikensaAB-7、Cr⁶⁺:バックテスト、t-Cr, Ni, Zn, Cd, Hg, Pb, As: ICP/MS法(単位: mg/L)

表2 リオツバ地区の共同井戸およびデリバリー水の水質分析結果

地点名	pH	EC(μS/cm)	Cr ⁶⁺	Cr	Ni	Zn	Cd	Pb	As	K	Na	Ca	Mg	NO3-N	Cl	HCO3
イフヒック村共同井戸	6.5	567	—	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.5	5.7	67.5	1.6	1.18	18	190
オカヤン村サンビセンテ共同井戸	6.0	456	—	<0.001	0.008	0.186	<0.001	<0.001	<0.001	0.6	17.8	52.7	17.4	1.22	12.9	250
オカヤン村先住民新集落井戸	6.0	511	—	<0.001	0.023	0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.7	6	50.7	28	0.07	5.8	300
オカヤン村タグビサ集落井戸	6.0	466	—	<0.001	0.004	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.4	2.6	29.4	41.1	0.17	8.4	300
スンピリン村クランダム集落井戸	6.0	95.4	—	0.012	0.132	0.001	<0.001	<0.001	<0.001							
タラタック村バグナアン集落井戸	7.5	656	—	<0.001	0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.6	2.8	85.7	1.2	0.66	3.5	265
タラタック村小学校前井戸	7.5	696	—	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.001	6.1	52	47.7	34.7	0.27	6.7	450
タグダロゴン集落デリヴァリー水	7.0	233	—	0.002	0.002	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	0.1	1.3	0.7	25	0.41	2.7	125
リオツバ村キノロン集落デリヴァリー水	7.0	223	—	0.002	0.002	0.007	<0.001	<0.001	<0.001	0.2	1.2	0.6	25.2	0.36	2.4	125

Cr⁶⁺:バックテスト、t-Cr, Ni, Zn, Cd, Hg, Pb, As: ICP/MS法(単位mg/L)、無機イオン類:イオンクロマトグラフ法(単位mg/L)、HCO3:電気伝導度と無機イオン濃度から推定計算による。

評価値と決めている7)。この資料によれば、EUは0.02mg/L、Codex委員会は0.02mg/Lを定めている。クランダム集落の井戸水は、この基準値の約7倍となり、健康影響が懸念されるため、そのことを住民に伝えた。また、米国毒性物質疾病登録庁(ATSDR)からは、2024年にニッケルの毒性学的プロファイル(2024年10月415ページ)が発表されており、米国食品医薬品局FDAの飲料水基準が0.1mg/Lだとしている8)。

地下水のイオンバランスを比較するために、ヘキサダイアグラムを図4に示した。地点番号4と6が、Ca-HCO3型、12と13がCaMg-HCO3型、1と5がMgCa-HCO3型、22がMgNaCa-HCO3型、7と8がMg-HCO3型である。後述するデリバリー水は全くイオン組成が他と大きく違っており、地下水でなく、どこかの川の表流水ではないかと思われる。ナトリウムが低くてマグネシウムが高い特異な組成である。22は、ナトリウム濃度が比較的高いことで他と異なっている。比較的高濃度のバリウムを含んでいることでも特異的である。12、13、1、5は、サンゴ礁起源の石灰岩層の中に溜まっている地下水かと思われる。4と6は、マグネシウムが低く、陽イオ

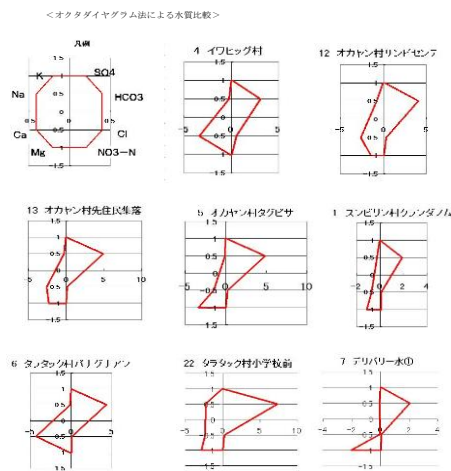


図4 地下水のヘキサダイアグラムによる比較

ンではカルシウムだけが高いが、やはり石灰岩層の中の滞留水ではないかと思われる。スンビリン村の 1 を除けば、ニッケル・ラテライト鉱起源のニッケルや 6 価クロムによる地下水汚染は確認されなかった。

CBNC 社が先住民族集落にステンレスタンクを設置して（図 5）、定期的にタンクローリーで供給している 2 か所の飲料水としてのデリバリー水の分析も行った。2009 年の予備調査で採取したデリバリー水で六価クロムが検出され、会社側に通報していたからである。幸いにも今回の調査では六価クロムは検出されなかった。CBNC 社からは、タンクローリーの運転手が汚染した河川水を採取して供給していたことが分かり、取水源を変更した旨の報告があった。先住民族集落への無償サービス事業だったとしても、決して許されない事件である。また、我々の調査がなければ発覚しないままに健康被害へとつながった可能性もある。



図 5 デリバリー水タンク

3) 継続モニタリング調査結果

トグボン川中流調査地点における継続モニタリング調査結果を図 6 と図 7 に示した。調査は、乾季は 3 月または 4 月に行い、雨季は 8 月から 10 月の間に行った。2020 年から 2022 年の中断はコロナ禍のためである。六価クロムと全クロムがよく一致していることが改めて示されている。六価クロムと全クロムは乾季に低く、雨季に高くなることも明らかである。雨季には環境基準及び水道法基準（いずれも 0.05mg/L、改正後は 0.02mg/L）を著しく超過していることが明らかになっている。2024 年の雨季には、基準の 24~30 倍に相当する 15 年間で最大の六価クロム 0.6mg/L、全クロム 0.471mg/L を観測した。2017 年と 2018 年および 2022 年、2023 年の雨季は、例年より雨が少ない雨季であったために、やや低い値となったものと思われる。なお、フィリピン環境天然資源省（DENR）行政命令 2016-08 号「水質ガイドライン及び排水スタンダード」（2016 年。猶予期間 5 年）では、六価クロムの基準を淡水で 0.01mg/L（排水基準は 0.02mg/L）、海水で 0.05mg/L（同 0.1mg/L）と規定し、またフィリピン保健省（DOH）「国家飲料水基準」（2017 年）では、トータルクロムの基準を 0.05mg/L と規定している。

ニッケルについては、乾季雨季との関連がはっきりしないが、これは六価クロムの溶脱とはメカニズムが異なっていることを示唆しているものと思われる。六価クロムと違って、乾季雨季に関わらず水道法評価値 0.02mg/L と比べて常に大幅に基準超過をしている実態が顕れている。とりわけ 2024 年雨季の 1.66mg/L は基準値の約 80 倍にも達している。なお、日本の水質環境基準は設定されていないが、人の健康の保護に関する要監視項目としてリストアップされている。

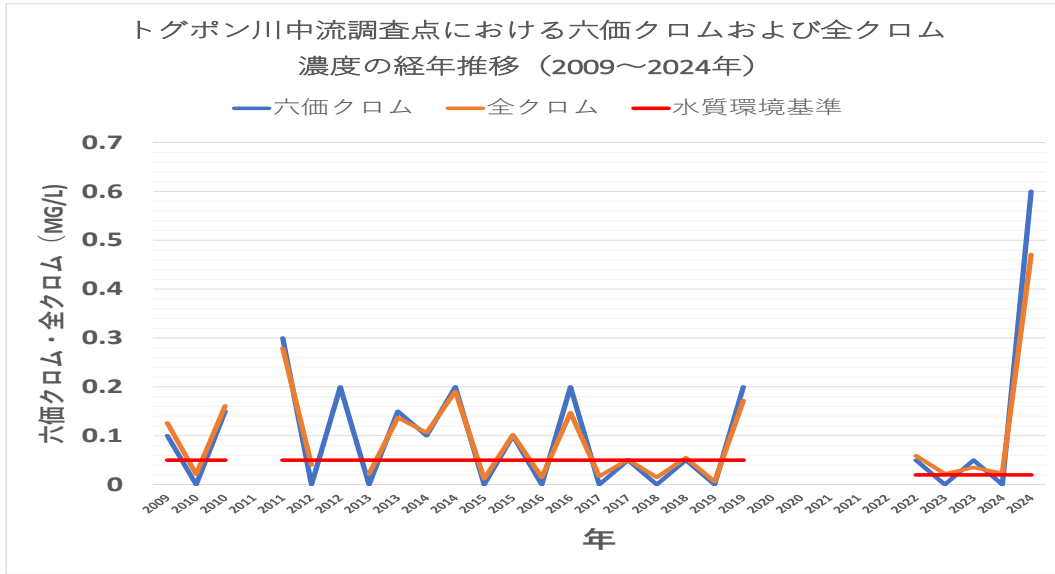


図6 トグポン川中流調査点における六価クロムおよび全クロム濃度の経年推移

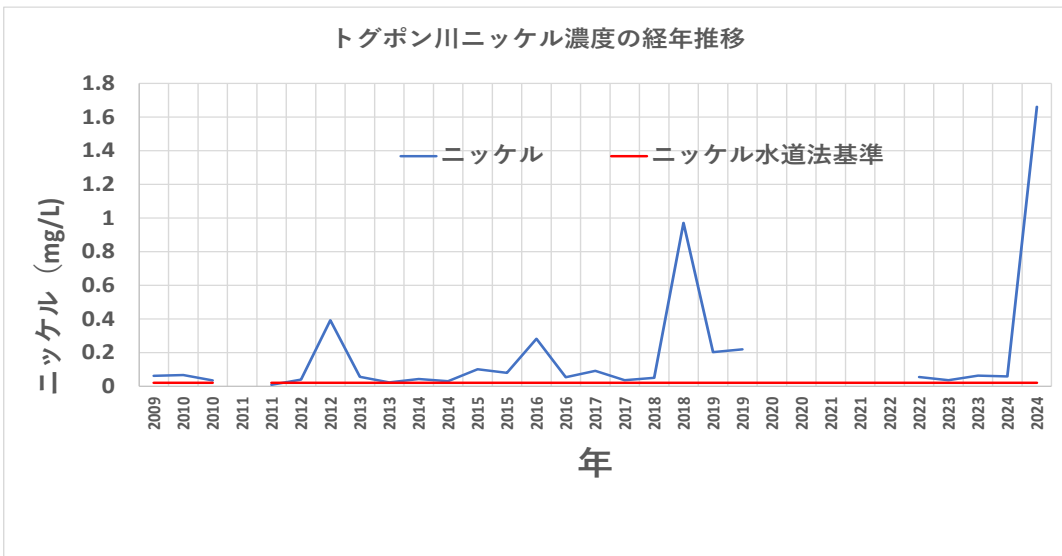


図7 トグポン川中流調査点におけるニッケル濃度の経年推移

本調査が開始されてから約15年が経とうとしているが、このような汚染実態が良化の兆しを全く見せていないことは残念なことである。住友金属鉱山の責任ある汚染防止対策を強く求めたい。

4) リオツバ入江底質調査

トグポン川感潮域調査の際に、トグポン川のリオツバ入江合流点付近でチャーターした漁船の船底がつかえるほどのマウンドが出来ていることが確認された。トグポン川を經由してリオツバ鉱山由来の大量の土砂の流入に加えて、溶解していた金属イオンが弱

アルカリ性をもつ海水 (pH8.2~8.4) と混合することによって水酸化物沈殿となっているであろうことが推定された。感潮域河川水が雨季に赤褐色に濁っていることは、この推定を支持している (図8)。赤褐色沈殿の主成分はラテライト土壌の主成分である鉄とマンガンであるが、有害重金属もまた同じ挙動をして沈殿しているものと推定される。

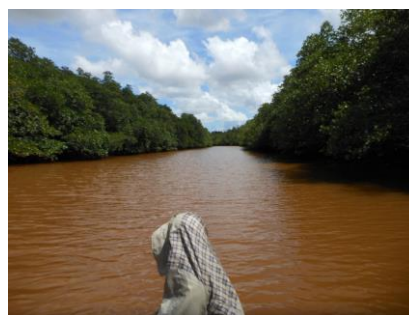


図8 赤く染まるトグボン川感潮域

このことを明らかにするために、2011年、エクマンバージ型採泥器によってリオツバ入江底質を採取し、重金属分析を行った結果を図9に示した。トグボン川の影響を受けつつも汚染していないスンビリン川とガマヨン川の影響下にあるNo.1地点と比べて、トグボン川感潮域上端 (No.2)、中間地点 (No.3)、河口 (No.4) では、ニッケル (7000~9000mg/kg (乾重量あたり))、クロム (3600~4400mg/kg)、マンガン (約3000mg/kg)、鉄 (17~28万 mg/kg) の顕著な蓄積があることが明らかになった。No.6地点からリオツバ入江湾口 No.9地点にかけて重金属濃度は次第に低下していくが、ゼロにはなっていない。外洋 No.10地点でも外観的に見てさえ赤褐色へのドロの影響が確認できる。この結果は、リオツバ入江全域の底質がトグボン川から供給される重金属類によって強く汚染されていることを示している。マングローブ林が枯死する事態までは至っていないが、魚が獲れなくなったとの漁民からの声があることと合わせて、生態系の破壊は進んでいると考えざるを得ないし、その復活への道にはかなりの困難が予想される。

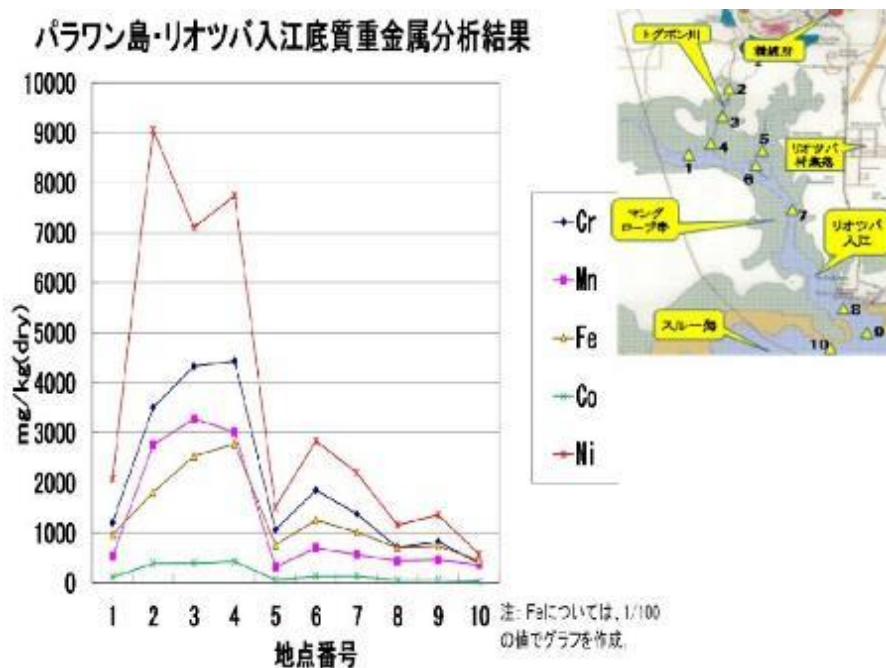


図9 パラワン島リオツバ入江底質重金属分析結果

5. 六価クロムの発生メカニズム

リオツバ鉱山およびCBNCプラントエリアでの調査が出来ないので発生メカニズムの議論は難しいが、ニッケル・ラテライト層を掘削しているインドネシア・スラウェシ島のソロワコ Sorowako 鉱山やポマラア Pomalaa 鉱山に関する先行研究の調査報告から推論を試みたい。

インドネシア・スラウェシ島のソロワコ鉱山など複数のニッケル・ラテライト鉱山の調査を行った伊藤茜は、鉱脈の鉛直層構造について次のように述べている⁹⁾。十分に発達したニッケル・ラテライト鉱床には、未風化の母岩（ベドロック）上にサプロライト（Saprolite）と呼ばれる母岩の一次鉱物と組織を残すやや風化した



図10 スラウェシ島 USSU 鉱山 Ni ラテライト鉱脈の断面⁹⁾

層、その上部にラテライト(Laterite)もしくはリモナイト(Limonite)と呼ばれる赤褐色の母岩の組織を完全に失った鉄とアルミニウムの水酸化物に富む層が見られる（図10にその一例を示した）。リモナイト鉱のニッケル濃度は1~1.6%程度であるのに対して、サプロライト鉱はニッケルに富んだ蛇紋岩(serpentine)などで構成されニッケル濃度は最大2~5%まで達する。サプロライト層にはしばしばガーニエライト(garnierite)と呼ばれる鮮緑色のニッケルに富んだ(30~40%) 鉱石など、様々な珪酸塩鉱物の集合体からなるニッケル鉱石が産出する。

池田肇によるスラウェシ島 Sorowako 鉱山や Pomalaa 鉱山の調査報告でも同様のニッケル・ラテライト鉱床の層別鉛直構造の解説を見ることが出来る¹⁰⁾。

ニッケル・ラテライト鉱床におけるクロムの挙動については、同じ論文⁹⁾で伊藤茜は、クロムの同位体比 $\delta^{53}\text{Cr}$ (‰) の測定結果から次のように述べている。超苦鉄岩質におけるクロム含有鉱物はクロマイト(chromite)である。一般的には難溶解性鉱物であるが、厳しい風化にさらされて溶解し $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$ として放出される。この風化過程で何らかの形で CrO_4^{2-} のような六価クロムの化学種に酸化されて溶解度を増し土壌外に輸送されるか、還元されて再び三価クロムとして鉄-アルミニウム水酸化物や粘土鉱物に取り込まれて固

定される。

ベッドロック中で三価だったクロムが風化作用で溶出し、酸化力の強いマンガンや鉄の化合物と接触して六価へと酸化されて地層内を移動し、有機物や還元性の高い二価鉄などによって三価クロムへと還元されて沈積するという複雑な反応系が述べられている。本調査で遭遇した六価クロム汚染のメカニズムは、おおよそこのようなものではないかと思われる。リオツバ鉱山現地調査の実現が望まれる。

2000年代初頭に東海地方で発生したフェロシルトによる六価クロム汚染事件が本件六価クロム生成メカニズムの考察の参考になる。四日市公害原因企業のひとつである石原産業は、モナザイトから酸化チタンを精製している。モナザイトを濃硫酸で溶解し、溶解液からチタンを分離精製し、廃液には石灰（炭酸カルシウム CaCO_3 ）を加えて中和・沈殿処理をする。この時発生した大量の沈殿物（主には鉄を含んだ石膏 CaSO_4 ）は産業廃棄物であるが、加熱乾燥処理をして埋め戻し材として三重県のリサイクル品認証を受けて東海地方各地に販売していたのである。岐阜県環境部がこのフェロシルトについて調査した結果、基準を超える六価クロムが検出されたことが契機となって、各地で回収撤去と賠償が行われた。この事件に関する宮脇健太郎の報告（11）で、六価クロムが含まれていない製品としてのフェロシルトに繰り返しの乾湿操作を行うと六価クロムが生成したことが示されている。本稿筆者の研究室にも埋め戻し現場で採集されたフェロシルトがもちこまれ、研究室に室温放置してただけで六価クロム濃度が増加することが確認されている。石原産業が行っていた硫酸廃液に石灰を加えて沈殿処理するという工程は、リオツバ地区においてCBNC社が行っているHPAL法においてニッケルを取り出した後の硫酸廃液に石灰を投入して中和・沈殿する工程とよく似ている。この廃液をテーリングダムに送って沈殿分離させているが、テーリングダムに沈殿した物質は、ニッケル・ラテライト鉱に含有されていた鉄やマンガンやクロムを含む石膏の沈殿である。条件次第では、この沈殿物の中で六価クロムが生成する可能性があるものと思われる。

6. 住友金属鉱山への提言と同社の汚染対策

毎年1~2回の住友金属鉱山本社との交渉を行っている。六価クロムの発生源である可能性が強いリオツバ鉱山エリア、低品位鉱石が野積みされているエリア、HPAL精錬工場エリア、および、テーリングダムについての共同調査を再三にわたって住友金属鉱山に提案しているが実現していない。住友金属鉱山側からは、六価クロム対策として、野積みされた低品位鉱に対するカバー掛け、沈殿池の増設や拡幅、さらにはフィリピン大学との共同研究で汚染水処理対策方法の開発などが継続中だとの回答があった。

しかし、すでに述べてきたようにトグボン川の水質汚染に良化の兆しは全く見られていない。汚染水処理対策で提案した沈殿池貯留水に対する還元性物質の添加による還元処理・沈殿法は試みられていないようである。フィリピン大学との共同研究結果も明らかにされないまま数年が経過している。六価クロムを活性炭吸着で除去しようと試みてい

るという話はあったが、結果が出ていない。ビーカーテストの結果さえ明らかにされていない。そもそも排出水の分析結果が相対値でしか示されず、生データが公表されていないというのは極めて不誠実である。サプライチェーンに対する責任として取り組んではいるが、リオツバ鉱山も CBNC 社も、住友金属鉱山とは別会社であることから意のままにはならないという回答に終始していることは、言い訳に過ぎないと言わざるを得ない。

7. ニッケル採掘鉱山による六価クロム汚染の地理的普遍性

熱帯・亜熱帯に広く分布するニッケル・ラテライト層は、超苦鉄質岩が高温多雨な気候下で化学風化を受けて、その風化生成物中に Ni が濃集することによって形成される¹²⁾。住友金属鉱山が関与しているニッケル鉱山は、本稿で報告したフィリピン・パラワン島リオツバ地区だけではない。同国ミンダナオ島北スリガオ州のタガニート地区、インドネシア・スラウェシ島ポマラア地区およびソロワコ地区、ニューカレドニア・ゴロ地区と広範である。予備的な調査を開始したタガニート地区でも六価クロム汚染が確認されている。同社関連鉱山の商業採掘が長年行われてきたソロワコ地区、および同社関連鉱山の商業採掘は未実施だが、他社による採掘が進行しているポマラア地区でも同様の六価クロムによる大規模汚染が確認されている。住友金属鉱山の誠意ある汚染対策の早急な実施が求められている。よって、住友金属鉱山による汚染対策は、同様の汚染を引き起こしている外国系企業に対する範ともなり、世界大の汚染対策として追求・実践されなければならない緊急の課題ともなっている。

8. ブランジャオ山で計画されている鉱区拡張への懸念

リオツバ鉱山は、従来の鉱区（990ha）の資源枯渇が懸念される状況から、ブランジャオ山中腹域にかけて計 4,538.44ha（既存鉱区 990ha を含む）もの鉱区拡大の許可を得てしまった。すでに述べたように、ブランジャオ山は先住民族にとって聖なる山であり、フィリピン共和国法 7611 号（パラワンのための戦略的環境計画法：SEP Law、1992 年制定）9 条 1 項で定められている「コア・ゾーン」を含むため、このエリアに鉱区を拡大することは先住民族や周辺の農民の暮らしに破壊的な影響を及ぼすことが危惧される。従来鉱区の開発がトグボン川に深刻な六価クロム汚染およびニッケル汚染を引き起こし、さらにはリオツバ入江の生態系に有害ヘドロの堆積をもたらし、未だに解決に至っていない現況が、スンビリン川およびガマヨン川、またブランジャオ山に集水域を有するその他の河川系にまで拡大することを容易に推測させる。スンビリン村やタラタック村ではスンビリン河川系の水を利用した稲作も行われており、スンビリン川の汚染は重大な農業被害をもたらす可能性が高い。さらには、鉱山開発によって、スンビリン村の地下水汚染がさらに激化する恐れもある。リオツバ入江の汚染もまた拡大するであろう。住友金属鉱山、リオツバ鉱山、CBNC 社は、鉱区を拡大する前に、まずもってトグボン流域およびリオツバ入江の水質および生態系の環境回復を図るべきである。

9. 追記

なお、これらの調査結果の一部は、日本水環境学会年会（2012年および2013年）13) 14) で発表している。

10. 謝辞

現地調査にあたって国際環境 NGO FoE Japan の波多江秀枝さんをはじめとするスタッフの皆さん、住友金属鉱山本社との交渉にあたっては FoE Japan の波多江秀枝さんおよびアジア太平洋資料センター PARC の田中滋さんにお世話になりました。記して感謝いたします。

11. 参考文献

1. 五十畑樹里（JOGMEC）世界のニッケル需給と今後の動向 <https://mric.jogmec.go.jp/reports/mr/20220207/165645/>
2. 柴原理沙（JOGMEC）：ニッケルの需給動向 https://mric.jogmec.go.jp/wp-content/uploads/2019/04/mrseminar2018_09_03.pdf
3. 鉱物資源マテリアルフロー2022 Ni（JOGMEC） https://mric.jogmec.go.jp/wp-content/uploads/2024/01/material_flow2022_Ni.pdf
4. 日本工業規格：工場排水試験方法（JIS K 0102）
5. 厚労省：<https://www.mhlw.go.jp/content/10601000/000610468.pdf>
6. 環境省：https://www.env.go.jp/press/press_02672.html
7. 厚労省：<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10601000-Daijinkanboukouseikagakuka-Kouseikagakuka/0000112644.pdf>
8. 米国毒性物質疾病登録庁（ATSDR）：Toxicological Profile for Nickel, 2024年10月、<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp15.pdf>
9. 伊藤茜：金属同位体を用いた表層環境における鉄および微量元素の地球化学的挙動の理解、北海道大学、博士（工学）甲第13654号
10. 池田肇：インドネシアの主要ニッケル鉱山の概要（Sorowako Pomalaa）、2008.7 金属資源レポート、p 93
11. 宮脇健太郎：フェロシルト問題の経緯と試験法から見た課題、平成18年度廃棄物地盤工学研究会セミナー講演資料
12. 伊藤茜ら：インドネシアおよびミャンマーのニッケル・ラテライト鉱床における化学風化プロセスと Ni 濃集への影響、2019年度日本地球化学会第66回年会講演要旨集、p 233
https://www.jstage.jst.go.jp/article/geochemproc/66/0/66_233/_article/-char/ja/

13. 大沼淳一、波多江秀枝：第 46 回日本水環境学会予稿集 (2012 年)
14. 大沼淳一、波多江秀枝：第 47 回日本水環境学会予稿集 (2013 年)