

本資料は、 年 月 日付けで登録区分
変更する。

人形峠環境技術センター
環境保全技術開発部 管理課

高濃度不純物の吸着試験研究

－吸着剤によるウランと不純物との分離試験－

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告)

1992年3月

熊本大学工学部応用化学科

江川 博明



JNC TJ6614 92-001
~~JNC PJ6614 92-001~~

要旨

カナダ産ウラン鉱石酸浸出液中のウランを分離・回収するプロセスの開発を目的として、大過剰のニッケル及びヒ素の共存下においてウランを選択的に吸着するキレート樹脂の開発を行った。

前記酸浸出液の液性等を考慮し、本研究室における従来の研究成果を基に、巨大網状構造(MR型)を有するスチレン-ジビニルベンゼン球状共重合体(RS)にホスフィン酸基およびホスホン酸基を導入したキレート樹脂を合成した。ホスフィン酸基を有する樹脂RSPはRSを無水塩化アルミニウム存在下三塩化リンと反応させ加水分解して合成し、ホスホン酸基を持つ樹脂RSP₀はRSPのホスフィン酸基を硝酸で酸化して合成した。またRSにメチレン基を介してホスホン酸基が結合した構造の樹脂RCSPは、RSをクロロメチル化したのち、無水塩化アルミニウム存在下三塩化リンと反応させ加水分解して合成した。

これらの樹脂を充填したカラムに、カナダ産ウラン鉱石酸浸出液を通液した場合、ウランとモリブデンは各樹脂に強く吸着されるがニッケルとヒ素は殆ど吸着されないことが判った。すなわち、酸性度の調整など特別な前処理なしで、カラムへの通液のみによりウランをニッケルとヒ素から分離可能である。ウランの破過吸着容量はRSP < RSP₀ < RCSPの順に増大した。また吸着されたウランとモリブデンの分離も容易である。1M水酸化ナトリウム溶液を通液すれば、モリブデンのみが迅速かつ定量的に溶離される。一方、ウランは0.2M炭酸ナトリウム溶液または1M塩酸溶液で溶離可能である。しかしこの条件ではまだウランの回収が定量的ではないので、最適溶離条件の探索が必要である。比較の目的で、代表的な強酸性陽イオン交換樹脂SP120(MR型)及びSK104(ゲル型)による同様の検討を行ったが、ウランの選択的分離は不可能であった。以上本年度は、本研究で開発したキレート樹脂、特にRCSPがカナダ産ウラン鉱石酸浸出液中ウランの高選択的分離・回収に有効に利用できることが明かになった。

目次

1.	序	1
2.	実験方法	2
2.1	キレート樹脂の合成	2
2.2	キレート樹脂の性質の評価	4
2.3	鉱石酸浸出液の分析	6
2.4	カラム操作によるウランの他金属からの分離・回収	7
3.	結果と考察	8
3.1	樹脂の諸性質	8
3.2	酸浸出液の分析	8
3.3	カラム法によるウランの分離・回収	11
4.	結語、今後の検討課題	20

高濃度不純物の吸着試験研究報告書

1. 序

可採ウラン量は限られており、経済性・環境問題を考慮した低品位ウラン鉱石資源の処理技術の開発は重要な研究課題である。本研究はその一展開として、カナダ酸鉱石を酸化雰囲気で硫酸法による加圧浸出して得られた浸出液からのウランの選択的分離・回収プロセスの開発を目的として行う。

処理対象の浸出液は、強酸性でありウランの他に多量のニッケル、ヒ素ならびに少量のモリブデンなどを含むことが明らかにされている。鉱石は酸化雰囲気処理されるので、ヒ素は酸化され陰イオン種で溶存しているものと推定される。本年度はまず、陽イオンとして多量に共存する金属イオン間の分離が最優先課題であると考え、ニッケルとウランの分離を主な目標とした。

ウラン吸着剤には各種の吸着剤があるが、無機系吸着剤に比べて、イオン交換樹脂・キレート樹脂などの有機系吸着剤は多種多様であり、使用目的に応じた特性を持つ樹脂の選択ならびに開発に関する自由度が高い特徴を有する。また本研究の目的達成に要求される条件は、ウラニルなど”硬い金属イオン”とニッケルなどの”柔らかい金属イオン”相互間に高い選択性を有することである。このような特定金属イオンの分離は、有機系吸着剤のなかでもキレート樹脂によってはじめて可能となる。しかし汎用キレート樹脂であるイミノ二酢酸型樹脂は水素イオンに対する親和性が高く本研究の目的には適していない。先に、筆者らの開発したスチレン-ジビニルベンゼンMR型球状共重合体を基体とするホスフィン酸型キレート樹脂(RSP)ならびにホスホン酸型キレート樹脂(RCSP, RSP O)が、本研究の目的に最も適合した樹脂と予測される。なぜならばこれらの樹脂は強酸性条件下からウラニルイオンなどの硬い陽イオンを選択的かつ迅速に吸着する能力をもっているからである。以上の観点から本研究では、RSP、RCSPならびにRSP Oを合成するとともに、これらを充填したカラムを用いる鉱石浸出液からのウランの選択的分離・回収についての検討を行った。また比較の目的でスルホン酸基を交換基とする市販の強酸性陽イオン交換樹脂(SP120ならびにSK104)についても同様の

検討を行った。

2. 実験方法

2. 1 キレート樹脂の合成

各キレート樹脂の合成経路を図2. 1に示す。

(A) スチレンジビニルベンゼン球状共重合体 (RS) の合成

分散浴は、ヒドロキシエチルセルロース (4500~6500 cps : 25℃) 1.0 g を水に加熱溶解させ放冷後、全量を500 ml として調製した。モノマー溶液はスチレン (St) 39.69 ml とジビニルベンゼン (DVB) 10.31 ml に2, 2, 4-トリメチルペンタン (試薬一級) を所定の割合で加え調製した。このモノマー溶液に過酸化ベンゾイルをStとDVBの重量の和に対して1.5 wt% 加え完全に溶解させた後、分散浴を入れた耐圧ガラスオートクレーブに移した。攪はん速度を調節しモノマー溶液の分散粒子の大きさを決め室温下で約10分間攪はんし粒子を安定化させた。次に、30分を要して液温を70℃に上げ、70℃で攪はん速度、温度を一定にして6時間重合し、30分を要して90℃以上に上げ90℃以上で2時間熟成し重合を完了した。その後、放冷してブフナーロートで共重合体をろ別し、大量のイオン交換水に移しドラフト内で煮沸 (30分を3回) しヒドロキシエチルセルロースを除去した。重合体をろ別後、メタノールに一晩浸漬して希釈剤を完全に除去した。重合体を風乾した後32~60 meshの大きさのものをふるいで分けて、適切な勾配を持たせた金属板上を転がし、球状のものだけを分離した。以下この操作により合成したSt-DVB球状共重合体をRSと略記する。

(B) RSPならびにRSPOの合成

乾燥 (真空乾燥器で40℃, 2時間以上乾燥、以下乾燥樹脂と略記する) したRS 1g に対し、使用直前に粉碎した無水塩化アルミニウム4.5gと三塩化リン10mlを加え、80℃で6時間還流下で反応させた。反応後、樹脂を

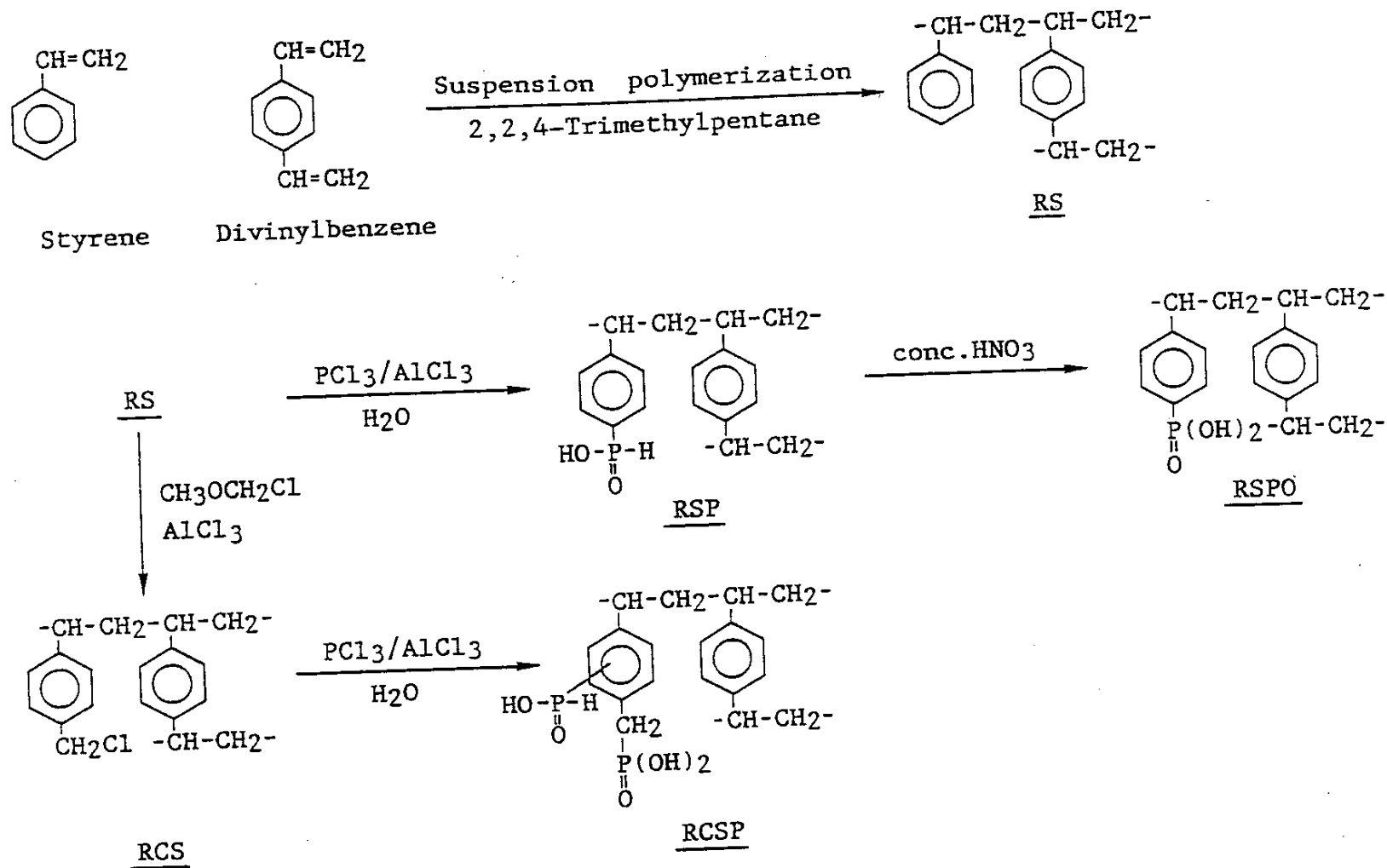


図 2. 1 ホスフィン酸型樹脂 (RSP) ならびにホスホン酸型樹脂
 (RCSP、RSPO) の構造ならびに合成経路

氷水浴に移し未反応物を分解させた。樹脂を2 M水酸化ナトリウム水溶液に一夜浸漬後、1 M塩酸で一昼夜（数回液を交換）処理し、さらにイオン交換水で洗液が中性になるまで洗浄して風乾し、ホスフィン酸基を有するH型樹脂RSPを得た。

RSP 1 g に対し濃硝酸（試薬特級）50 ml を加え、30℃で15時間振とうして酸化した。得られた樹脂を1 M炭酸ナトリウム水溶液で一昼夜さらに1 M塩酸で一昼夜（数回液を交換）処理した。イオン交換水で洗液が中性になるまで洗浄後、風乾し、ホスホン酸基を有するH型樹脂（RSP O）を得た。

(C) RCSPの合成

RS 5 g に対してクロロメチルエーテル31.4 ml を加え、30分放置した。これに1, 1, 2, 2-テトラクロロエタン（試薬特級）3.1 ml を加え0~5℃に冷却し、使用直前に粉碎した無水塩化アルミニウム（試薬1級）13.3 g を約1時間をかけて加え、さらに2時間反応させた。反応後得られた樹脂を充分水洗し、アセトンに一夜浸漬し、風乾してRSのクロロメチル化体（RCS）を得た。RSPの合成法とほぼ同様の方法でRCSを三塩化リンと反応させ加水分解しRCSPを得た。

2. 2 キレート樹脂の性質の評価

(A) 陽イオン交換容量測定法

H型乾燥樹脂（真空乾燥器で40℃，2時間以上乾燥）0.25 g に0.1 M水酸化ナトリウム-1 M塩化ナトリウム溶液50 ml を加え、30℃で48時間（RSPの場合、0.1 M水酸化ナトリウム-1 M硝酸ナトリウム溶液50 ml を加え、30℃で24時間）振とうした。振とう後、上澄み液中の水酸化ナトリウム量を0.1 M塩酸で中和滴定して次式により求めた。指示薬としてメチルオレンジを用いた。

$$\text{カチオン交換容量 (meq/g)} = \frac{0.1 \times f \times (B - A) \times V / v}{W}$$

- A : 試料の滴定に要した 0.1 M 塩酸の滴定量 (ml)
- B : ブランクテストに要した 0.1 M 塩酸の滴定量 (ml)
- f : 0.1 M 塩酸のファクター
- V : 試料溶液全量 (ml)
- v : 滴定に用いた試料溶液の量 (ml)
- W : 樹脂重量 (g)

(B) 中性塩分解能測定法

H型乾燥樹脂(真空乾燥) 0.25 g に 2 M 塩化ナトリウム水溶液 50 ml を加え、30℃で 1 時間振とうし、その上澄み液を 250 ml メスフラスコに取った。この操作を 5 回繰り返して 2 M 塩化ナトリウム水溶液で標線まで合わせた。この溶液の水素イオン量を 0.1 M 水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定して次式により求めた。指示薬としてフェノールフタレインを用いた。

$$\text{中性塩分解能 (meq/g)} = \frac{0.1 \times f \times A \times V / v}{W}$$

- A : 試料の滴定に要した 0.1 M 水酸化ナトリウム水溶液の滴定量 (ml)。他の記号については既述のとおりである。

(C) リンの定量

乾燥樹脂 0.1 g をケールダールフラスコにいれ、濃硝酸、60% 過塩素酸をそれぞれ 10 ml 加えて加熱し、樹脂を分解した。分解後さらに 2~3 時間加熱し放冷した後、内容物を 250 ml メスフラスコに移し、標線まで水を加えた。この溶液適量を 50 ml メスフラスコに取り、フェノールフタレイン 1 滴を加え微紅色を示すまで希アンモニア水を加えた。次に 5 M 硝酸 5 ml、0.25% メタバナジン酸アンモニウム水溶液 5 ml、5% モリブデン酸アンモニウム水溶液 5 ml を順次加えて最後にイオン交換水を標線まで加えた。この溶液の 440 nm における吸光度を測定し、100 ppm リン標準液から同様の操作で得た検量線 (100 ppm リン標準液をそれぞれ 1, 2, 3, 4,

5 m l 加えたもの) を用いて、リン含量を次式により計算した。

$$\text{リン含量 (wt\%)} = \frac{A \times V / v \times 0.001}{W} \times 100$$

A : 検量線から求めた測定液中のリンの量 (m g)

V : 試料溶液全量 (m l)

v : 比色法に用いた試料溶液の量 (m l)

W : 測定に用いた樹脂の重量 (g)

(D) 比表面積測定法

乾燥 (真空乾燥器で 40 °C, 4 時間乾燥) 樹脂 0.1 g を窒素ガス吸着法による比表面積測定装置 (モノソープ直読式比表面積測定装置, クァンタクロム社製) で測定した。

(E) 膨潤度測定法

H 型乾燥樹脂 1 g の乾燥体積を測定した。次に、この樹脂をイオン交換水 50 m l に浸漬し十分膨潤させた後、湿潤体積を測定した。乾燥及び湿潤体積の比から膨潤度を求めた。

$$\text{膨潤度} = \frac{\text{湿潤体積}}{\text{乾燥体積}}$$

2. 3 鉍石酸浸出液の分析

(A) 酸濃度の pH 滴定による測定

試料液 5 m l を 50 m l メスフラスコにとり、10 倍に希釈した。10 倍希釈液の pH は 1.33 であった。この溶液 5 m l をとり、適量の水を加えたのち、0.02 M 水酸化ナトリウム溶液で滴定した。

(B) 金属イオンの定量

ウラン、ニッケルおよびモリブデンの含有量を誘導結合プラズマ原子発光スペクトル法 (ICP-AES) により分析した。酸浸出液のマトリックスが不明であるため、検量線法ならびに標準添加法により分析した。しかしマトリックス効果はいずれの元素についても殆ど認められなかった。

2. 4カラム操作によるウランの他金属からの分離・回収

(A) カラム

各樹脂を1M塩酸水溶液に一夜以上浸漬してH型とした。H型にした樹脂1mlをガラスフィルター付きガラスカラム(内径 8mm)に充填した。樹脂充填カラムに1M塩酸10ml、水10mlの順に空間速度 10h^{-1} で通液してコンディショニングを行った。

(B) 吸着

上記カラムに鉱石浸出液25mlについて洗浄の目的で水10mlを順に空間速度 10h^{-1} で通液した。カラム流出液は洗浄液も含めてすべてフラクションコレクターを用いて1mlずつ分画採取した。各分画液を水で50倍に希釈し、ウラン、ニッケルおよびモリブデン濃度をICP-AESで決定した。

(C) 溶離

SP120とSK104については0.25M炭酸ナトリウム10ml、水10ml、6N塩酸10ml (SP120では20ml)、水10mlの順に通液した。この方法では0.25M炭酸ナトリウム通液初期に二酸化炭素ガスが発生し、カラム操作が困難になる場合が認められた。ゆえにRSP, RCS PおよびRSP Oについては0.25M炭酸ナトリウムを通液する前に、1M水酸化ナトリウム10ml、水10mlを通液した。通液はすべて空間速度 10h^{-1} で行った。カラム流出液の分画採取ならびに金属イオンの分析は吸着の場合と同様に行った。

3. 結果と考察

3. 1 樹脂の諸性質

合成したキレート樹脂及び市販の強酸性陽イオン交換樹脂の諸性質を表3. 1に要約する。RSP, RCSPならびにRSPOはいずれも大きな比表面積をもったMR型樹脂である。これらの陽イオン交換容量はスルホン酸型樹脂に比べて大きい。とくにRCSPとRSPOの交換容量はRSPのそれよりも大きい。これはRSPではホスフィン酸基が導入されているのに対し、RCSPおよびRSPOではホスホン酸基が主なイオン交換基となつてためである。すなわちRSPの官能基はモノプロトン酸であるが、RCSPならびにRSPOの官能基はジプロトン酸として挙動する。膨潤度については三種の樹脂間で特に大きな差異は認められない。SP120及びSK104は、それぞれスルホン酸基を有するMR型及びゲル型の代表的陽イオン交換樹脂である。

3. 2 酸浸出液の分析

(A) pH 滴定曲線

酸浸出液を10倍に希釈した溶液のpH滴定曲線を図3. 1に示す。pH6以上では、pHの立ち上がりが緩やかである。これは金属イオンの加水分解などにアルカリが消費されたものと思われる。よつてpH6近傍を滴定終点とすると強酸の濃度は1.0MとなりpHは0に近い。故にこの酸浸出液から直接ウランを吸着させるには、水素イオンよりウラニルイオンに対して優れた選択性を有する樹脂が必要である。

(B) ウラン、ニッケルおよびモリブデンの分析

検量線法ならびに標準添加法により求めた各金属の分析値を表3. 2に要約する。筆者らの分析値は共同研究先の分析値と比較していずれもやや大きい。ほぼ一致しているといえる。ウラン、ニッケルおよびモリブデンのモル濃度は、それぞれ0.0108、0.0939および0.00224Mである。モル数で比較すると、ニッケルはウランの8.7倍であり、モリブデンはウランの0.21倍である。

表3.1 キレート樹脂ならびにイオン交換樹脂の性質

樹脂	交換基または キレート形成基	比表面積 (m ² /g)	陽イオン 交換容量 (meq/g)	中性塩 分解能 (meq/g)	リン含 有率 (mmol/g)	乾燥時 体積 (ml/g)	湿潤時 体積 (ml/g)	膨潤率
RSP	ホスフィン酸基	22.0	4.9	1.9	5.1	1.7	2.0	1.2
RCS0	ホスホン酸基	33.8	7.3	1.9	4.2	2.1	2.9	1.8
RSP0	ホスホン酸基	35.9	7.5	0.76	4.4	1.8	2.3	1.3
SP120	スルホン酸基 ^{a)}	24.7	3.6	3.6	--	2.2	3.2	1.5
SK104	スルホン酸基 ^{a)} ゲル型		3.9	--	--	1.4	3.8	2.7

a)市販強酸性陽イオン交換樹脂

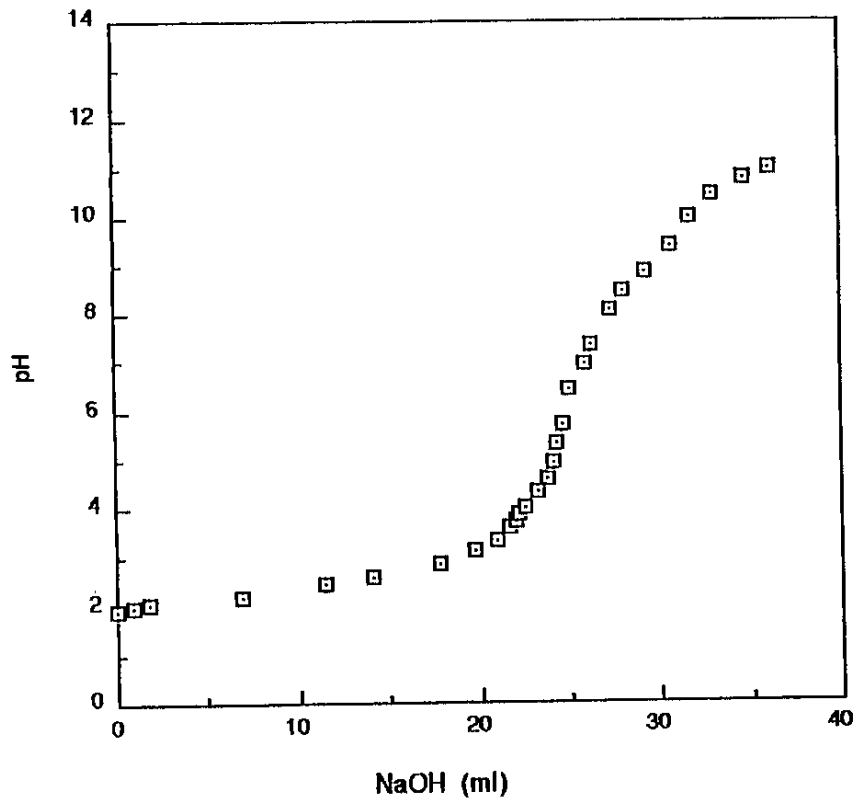


図 3. 1 鉍石酸浸出溶液の pH 滴定曲線

被滴定液： 鉍石酸浸出溶液の 10 倍希釈液 5 ml

滴定液： 0.02 M NaOH

表 3. 2 酸浸出液中のウラン、ニッケルおよびモリブデンの含有量

金属	含有量 (g/l)			
	検量線法	標準添加法	報告値 ^{a)}	モル濃度 (mol/l)
ウラン	2.55	2.58	2.35	0.0108
ニッケル	5.63	5.51	5.39	0.0939
モリブデン	0.215		0.15	0.0022

a) 動燃による分析値

3. 3 カラム法によるウランの分離・回収

(A) 各樹脂における吸着・溶離の傾向

鉱石の酸浸出溶液をカラムに通液した場合の破過曲線を図 3. 2 a から 3. 6 a に示す。また各樹脂における溶離曲線を破過曲線と対比して図 3. 2 b から 3. 6 b に示す。以下、各樹脂の吸着・溶離特性を概述する。

1) RSP (図 3. 2 a, b)

図 3. 2 a から判るように、キレート樹脂 RSP を充填したカラムでは、ニッケルは殆ど吸着されていない。一方ウランはある程度吸着されている。しかしウランの漏出点には、ニッケルと大きな差異が認められない。ウランの漏出濃度は酸浸出液の供給量とともに徐々に増大しているが、供給終了時でも漏出濃度は供給液中の濃度より若干低い。モリブデンは酸浸出液中の濃度が低いにもかかわらずかなり吸着されている。図 3. 2 b の溶離曲線からわかるように 1 M 水酸化ナトリウムによりモリブデンは効率よく溶離されている。0.25 M 炭酸ナトリウムではウランのみが溶離されている。塩酸では痕跡量のニッケルが溶離されている。RSP では後の (B) 項で述べるように回収率に問題が

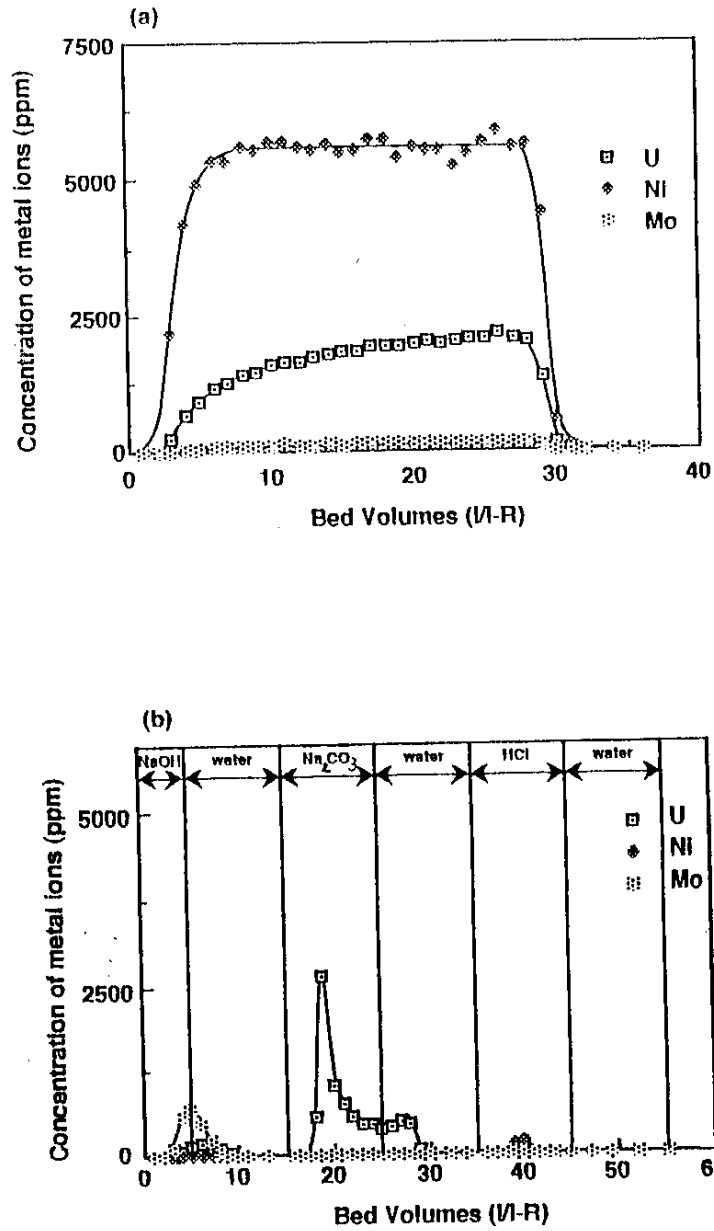


図 3. 2 RSP による鉍石浸出液からの金属イオンの吸着 (a) ならびに吸着された金属の溶離 (b)

あるものの、モリブデン、ウラン、ニッケルを相互分離することが可能である。

2) RCSP (図3. 3a, b)

この樹脂では、ウラン、ニッケル、モリブデンのほぼ理想的相互分離が可能である。図3. 3aの破過曲線から判るようにニッケルは殆ど吸着されていないが、ウランはカラム容積の約20倍程度まで全く漏出していない。図からは分かりにくいですが、モリブデンもかなり吸着される。この場合も図3. 3bに示すように1M水酸化ナトリウムはモリブデンの溶離に有効である。RSPの場合と同様に0.25M炭酸ナトリウムではウランのみが溶離されている。しかし、溶離液量10ml/ml-Rではウランの溶離は完全ではない。1M塩酸では、炭酸ナトリウムで溶離されなかった残りのウランが溶離されている。ニッケルはいずれの溶離液でも殆ど溶離されておらず、吸着されないことが再確認できる。

3) RSP0 (図3. 4a, b)

この樹脂の吸着・溶離挙動はRCSPと類似しているが、吸着においては酸浸出液をカラム容積の約10倍程度通液した時点でウランが漏出している。溶離においてはRCSPの場合とほぼ同様の結果となった。ニッケルは殆ど吸着されない。

4) SP120 (図3. 5a, b)

この樹脂では、破過曲線から吸着量を求めることは困難である。図3. 5bの溶離曲線からはウランとニッケルが吸着されていることが判る。しかしウランよりはニッケルが吸着量が高く、ニッケル-ウラン間の選択性が充分でない。すなわち、より多量に存在するニッケルの溶離量(吸着量に対応)がウランのそれより大きく、各金属の吸着量が酸浸出液中の金属イオン組成を直接反映した結果となっているためである。しかしニッケルの吸着量も少なく、この樹脂は目的とする酸浸出液からのウランの分離・回収には適していない。

5) SK104 (図3. 6a, b)

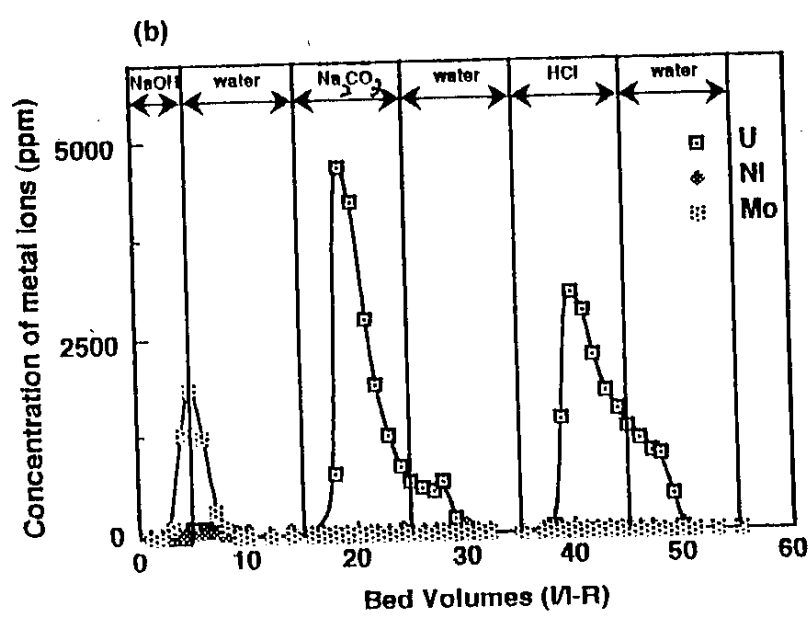
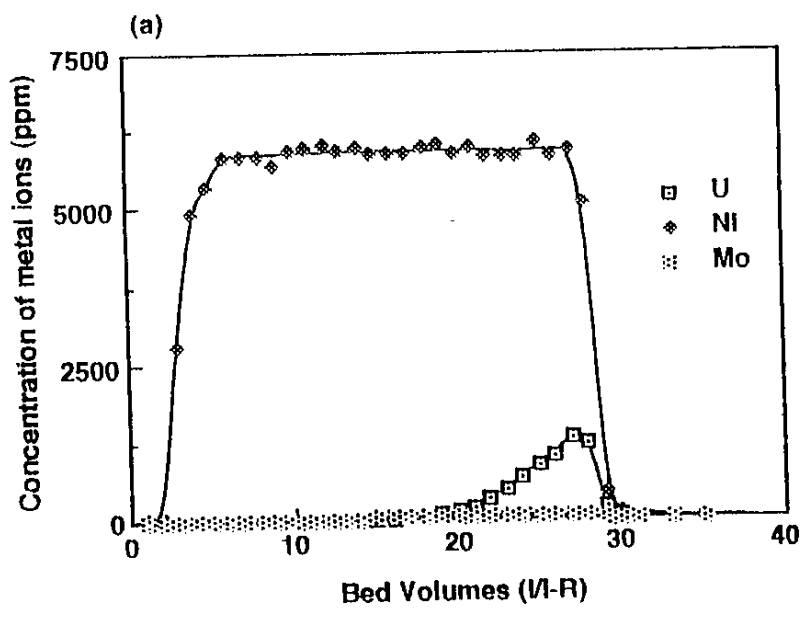


図 3. 3 RCSP による鉍石浸出液からの金属イオンの吸着 (a) ならびに吸着された金属の溶離 (b)

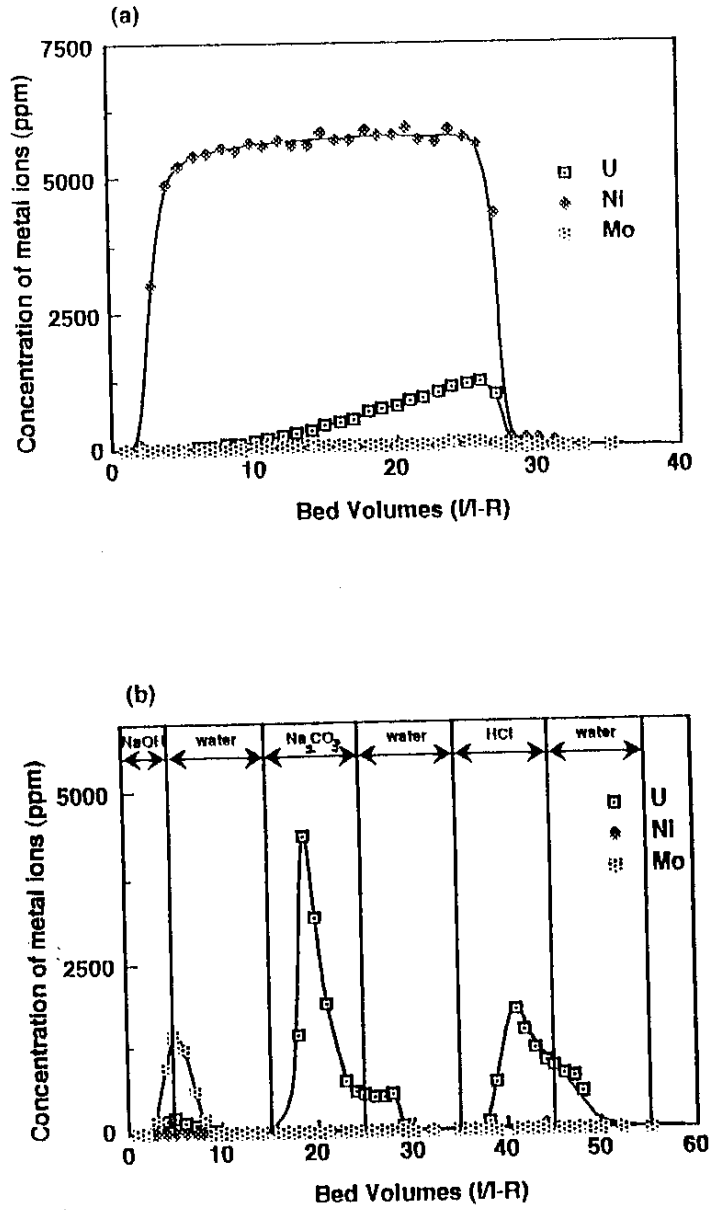


図 3. 4 RSPO による鉍石浸出液からの金属イオンの吸着 (a)
ならびに吸着された金属の溶離 (b)

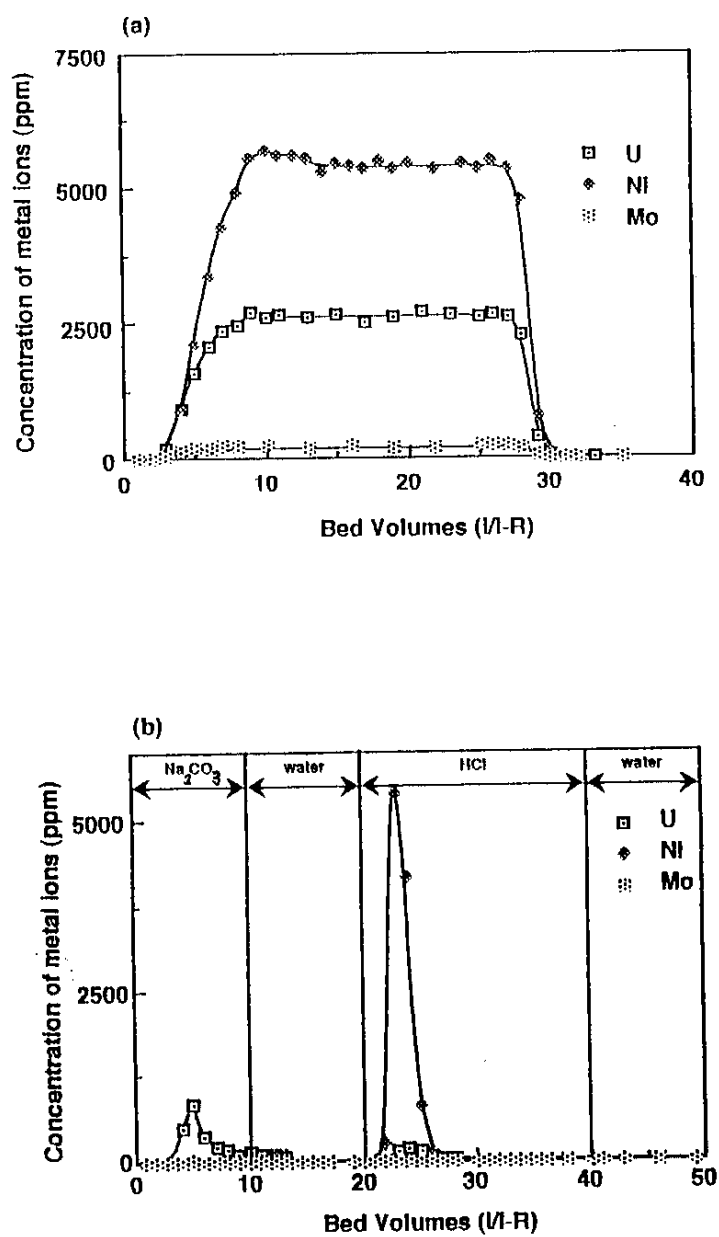


図 3. 5 SP 1 2 0 による鉱石浸出液からの金属イオンの吸着 (a)
ならびに吸着された金属の溶離 (b)

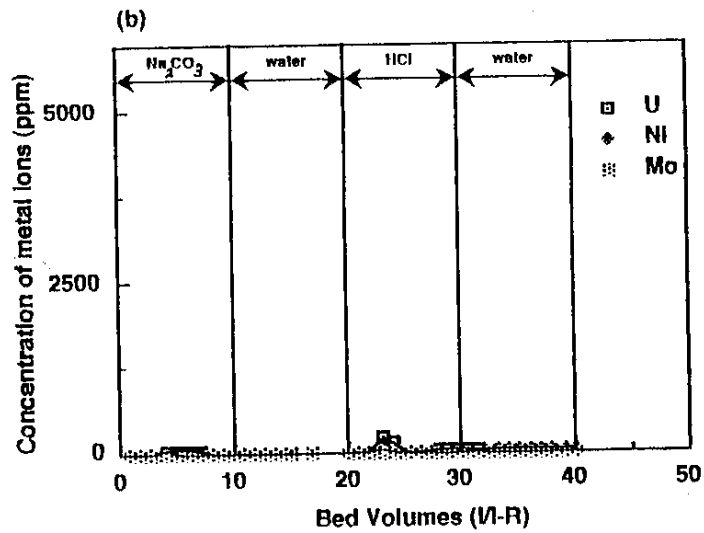
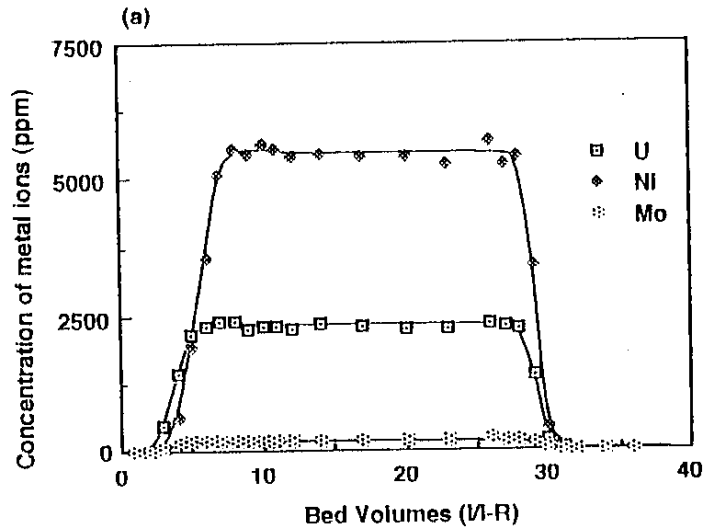


図 3. 6 SK 104 による鉍石浸出液からの金属イオンの吸着 (a) ならびに吸着された金属の溶離 (b)

破過曲線と溶離曲線の双方から判るようにニッケル・ウランともに吸着量は極めて少ない。

(B) 吸着量・溶離量の定量的比較

前項で述べたように市販の強酸性陽イオン交換樹脂 (SP120 および SK104) については、金属イオン吸着量が少なく、破過曲線から吸着量を求めることは困難である。一方、RSP, RCSP および RSPO についてはウラン及びモリブデンについては破過曲線から吸着量を算出し、表 3. 3 に要約した。ニッケルについてはいずれの樹脂においても吸着量が少なく破過曲線から吸着量を求めることは困難であった。モリブデンについては含有量 (濃度) が低いいため図からは判りにくい、かなり吸着される。ウランならびにモリブデンの吸着量と吸着率を表 3. 3 に要約する。試料液の通液量は一定 (25 ml) であるので、ウランとモリブデンの吸着量は $RSP < RSPO < RCSP$ の順に増大していくと結論できる。特に RCSP ではウランの吸着率が、酸浸出液を樹脂体積の 25 倍量通液した時点で、95% 程度にも達し、ニッケルと理想的に分離されている。

表 3. 3 RSP, RCSP および RSPO による
金属イオンの吸着

樹脂	ウラン		モリブデン	
	吸着量 (mmol)	吸着率 (%)	吸着量 (mmol)	吸着率 (%)
RSP	0.0864	34.5	0.038	59.9
RCSP	0.224	95.2	0.053	89.9
RSPO	0.143	63.4	0.046	82.8

表3.4 吸着された金属イオンの溶離ならびに回収率

樹脂	溶離された金属の量(mmol)									回収率 (%)		
	溶離液	1M NaOH			0.25M Na ₂ CO ₃			6N HCl			Mo	U
		Mo	U	Ni	Mo	U	Ni	Mo	U	Ni		
RSP	0.023	0.0028	0	0	0.035	0	0	0	0		60.5	43.5
RCSP	0.050	0.0016	0	0	0.080	0	0	0.074	0		94.3	69.2
RSP0	0.048	0.0037	0	0	0.060	0	0	0.039	0		104	71.3
SP120	-	-	-	0	0.011	0	0	0.003	0.183		-	-

溶離においては溶離液を交換する場合、各溶離液を通液したのち水でカラムを洗浄している。ここでは水による洗浄終了までの溶離量を各溶離液による溶離量として計上した。ニッケルはSP120を除いて殆ど吸着されないことが溶離の結果からも示唆される。モリブデンの溶離には1M水酸化ナトリウム溶液が有効である。その回収率はRSPでは低いものの、RCSPならびにRSP Oではほぼ定量的に回収されている。一方ウランは水酸化ナトリウム溶液では溶離されないが、0.25M炭酸ナトリウム溶液ならびに6N塩酸により溶離可能である。よってウランとモリブデンの分離も容易である。ウランの回収率もRSPでは低い、RCSPとRSP Oでは約70%にも達している。回収率については本研究ではまだ最適条件を探索してないので、今後溶離剤の濃度・体積などを検討すれば100%の回収が可能であると考えられる。

4. 結語、今後の検討課題

ウランを他の主要金属成分であるニッケルとモリブデンから選択的に分離するにはRCSPが適していることが判った。なお1M水酸化ナトリウムの通液は、樹脂中の水素イオンを中和して炭酸ナトリウム通液時の二酸化炭素ガス発生を抑制を目的としたものであるが、モリブデンが選択的に溶離可能であることが判り、ウランとモリブデンの分離も容易であることが明かになった。ウランの溶離についての最適条件の探索を行うことによりその定量的回収も可能と期待している。

ヒ素についてはJIS法の適用の妥当の可否を検討中である。これが済み次第ヒ素の破過曲線ならびに溶離曲線を求めるいく計画である。ヒ素の吸着・溶離挙動を解明すれば、RCSPを用いるカナダ酸鉍石酸浸出液からのウラン、ニッケルおよびモリブデンの分離・精製の具体的プロセスが確立できるものと期待している。さらにより完全な分離プロセス開発の基礎資料を得る目的で、モリブデンならびにヒ素の酸浸出液中における溶存状態ならびに水酸化ナトリウムによるモリブデンの溶離機構についても解明して行きたい。