

核種のベントナイトおよび岩石に対する 収着データベース

(技術報告)

1999年11月

核燃料サイクル開発機構
東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転写する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
1999

核種のベントナイトおよび岩石に対する
収着データベース
(技術報告)

澁谷 朝紀*¹, 柴田 雅博*¹, 陶山 忠宏*²

要 旨

高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性核種の人工バリア及び天然バリアでの遅延能力を評価するうえで、その個々の元素のベントナイトや様々な岩石への収着の程度を表す分配係数は重要となる。本報告においては、主に静的なバッチ試験による膨大な分配係数をとりまとめたデータベース(JNC-SDB)について紹介する。JNC-SDBの整備においては、高レベル放射性廃棄物地層処分システムの性能評価上重要な22の元素(Ni, Se, Zr, Nb, Tc, Pd, Sn, Sb, Cs, Sm, Pb, Bi, Po, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm)を対象に、1997年までに公開された文献データやサイクル機構で主に取得してきた還元条件下でのデータを収集した。それに、1989年にOECD/NEAにより取りまとめられた収着データベースから、第2次とりまとめにおける核種移行パラメータの設定に有効であると考えられるデータを加えた。整備する過程で情報が得られた、上記元素以外のデータ(Ag, Ce, Co, Eu, Fe, I, Sr等15元素)も登録し、合わせて合計37元素に対するデータが登録されている。

JNC-SDBには、元素、酸化状態、固相、表面積(m^2/g)、陽イオン交換容量(CEC; meq/100g)、溶液量(ml)、固相重量(g)、液固比(ml/g)、温度、初期pH、最終pH、対象元素の初期濃度(mol/l)、初期Eh(mV)、最終Eh(mV)、液性、試験期間(日)、固液分離方法、雰囲気、分配係数(K_d ; m^3/kg)、誤差、参考文献、繰り返し数、特記事項等の情報が入力されている。また、このデータベースは使用者の利便性を考慮しマイクロソフト社製汎用ソフトAccess 2000で作動し、文献やデータの検索だけでなく、分配係数のpH、Eh、イオン濃度、温度、依存性などを図化して見ることが容易になっている。

*1 核燃料サイクル開発機構 東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部

*2 検査開発株式会社

Sorption Database of Radionuclides on Bentonite and Rocks

Tomoki Shibutani¹⁾, Masahiro Shibata¹⁾, Tadahiro Suyama²⁾

Abstract

Sorption data for radionuclides on bentonite and rocks are needed for the performance analysis of the high-level radioactive waste (HLW) repository.

The newly developed sorption database by JNC(JNC-SDB) is composed of various sorption data derived from static batch experiments. The compilation of sorption data extracted from published literatures (up to 1997) and those from experimental studies under reducing conditions mainly conducted by JNC have been integrated into the JNC-SDB. The JNC-SDB also includes available data for OECD/NEA-SDB(1989 version). The JNC-SDB contains 37 elements; 22 elements; (Ni, Se, Zr, Nb, Tc, Pd, Sn, Sb, Cs, Sm, Pb, Bi, Po, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm), that are very important for performance analysis of HLW repository and 15 other elements (Ag, Ce, Co, Eu, Fe, I, Sr etc.).

It also includes experimental conditions and related informations; element, oxidation state, solid phase, surface area(m²/g), cation exchange capacity(CEC; meq/100g), solution volume(ml), weight of solid phase (g), solid-liquid ratio(ml/g), temperature(°C), initial pH, final pH, initial concentration of the adsorbed element(mol/l), initial Eh(mV), final Eh(mV), solution composition, contact time(day), separation procedure of solid and liquid phase, atmospheric condition, distribution coefficient(Kd; m³/kg), estimated error range, reference, replication of measurements, and remarks.

For the convenience of users, the JNC-SDB can be worked on personal computer by Microsoft Access2000, and is easily used not only to search literatures and data of interest but also to derive the correlation between distribution coefficient and pH, Eh, ionic concentration, temperature, etc.

1)Waste Isolation Research Division, Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works

2)Inspection Development Company Ltd.

目次

1.はじめに.....	1
2.JNC-SDB の概要.....	1
3.既存の収着データベースとの比較評価.....	2
4.JNC-SDB の活用例.....	3
5.おわりに.....	3
6.参考文献.....	9
付録.....	38
付録-1.JNC-SDB の利用方法.....	39
付録-2.JNC-SDB CD ROM.....	60

表目次

表1. JNC-SDBに含まれる主要22元素の固相ごとへの分配係数の件数.....	5
表2. JNC-SDBに含まれる酸化/還元条件ごとの分配係数の件数.....	5

図目次

図1. NEA-SDBによるUの花崗岩へのKdのヒストグラム.....	5
図2. JNC-SDBによるUの花崗岩へのKdのヒストグラム.....	5
図3. Csの玄武岩へのKdとpH.....	6
図4. Csの玄武岩へのKdとCs初期濃度.....	6
図5. Csの玄武岩へのKdのヒストグラム.....	7
図6. Csの花崗岩へのKdとpH.....	7
図7. Csの花崗岩へのKdとCs初期濃度.....	8
図8. Csの花崗岩へのKdのヒストグラム.....	8

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分システムの安全評価において、人工バリアおよび天然バリアにおける放射性核種の移行の遅延を評価することは重要である。その際、溶液中の核種が固相に収着される程度を示す分配係数は、評価上の重要なパラメータとなる。本報告書は、地層処分研究開発第2次取りまとめに向けて、分配係数に関する情報を整理することを目的に作成した収着データベース (JNC-SDB) について記述するものである。

JNC-SDB においては、高レベル廃棄物の地層処分の安全評価の観点から重要と判断される元素に着目し、ベントナイトや岩石・鉱物等の固相に対して、測定されている収着データを文献調査により抽出し、データベースとして整理したものである。同データベースの整備にあつては、地下深部が還元的な環境であることに着目し、還元条件でのデータを充実することをこころがけた。

JNC-SDB は利用者の利便性を考慮し汎用ソフト Access で作動し、分配係数の溶液組成依存性などを図化して見ることが容易になっている。

2. JNC-SDB の概要

対象元素は、性能評価上重要であると選定された22の元素(Ni, Se, Zr, Nb, Tc, Pd, Sn, Sb, Cs, Sm, Pb, Bi, Po, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm) (動力炉・核燃料開発事業団, 1991) とした。ただし、整備の過程で15元素(Ag, Ce, Co, Eu, Fe, I, Sr 等)の取り込みを行ない、最終的に37元素としている。

対象固相としては、全ての岩石、鉱物、粘土、酸化物等の純粋固相とした。土壌やセメント材料については、確認されたものについては、データの抽出・登録を行なったが、積極的に調査対象とはしなかった。

データの調査・抽出は、1997年までに公開された収着に関連する論文、レポート等については、INIS (国際原子力情報システム: the International Nuclear Information System) の文献検索システムを用いて、元素、固相名、収着等の現象に関する語をキーワードとした文献検索を行なうとともに、関連学会 (例えば、Material Research Society Symposium) の proceedings 等を個別に調査することにより実施した。また、サイクル機構で取得してきたデータについては、調査時点では未公開であるものについても、JNC-SDB 公開時点までの公開を前提に調査対象データとした。

また、1989年 OECD/NEA により取りまとめられた収着データベース(Ticknor and Ruegger, 1989)から、上記の対象元素に対するデータについては、原則として JNC-SDB に取込みを行なった。

JNC-SDB では、20の項目(元素、酸化状態、固相、液固比、温度、溶液情報、初期・最終 pH、トレーサー濃度、試験期間、固液分離法、初期・最終 Eh、試

験における雰囲気状態、分配係数、誤差、情報の種類、文献名、繰返し数、付加的情報)について、文献等から情報を抽出し、データを記載している。

なお、ここで、分配係数のカラムには、平衡状態に対して狭義に定義される分配係数の他に、原文献の報告者が分配比と定義している値についても記載している。また、一部のデータについては、原文献の吸着率(%)等の値から報告されている実験条件をもとに、我々が分配係数の算出を行っている。原文献で報告されている値に対する定義は“情報の種類”に記載した。

現状の JNC-SDB には 19,848 件の分配係数が登録されている。文献数は 270 件である。JNC-SDB に含まれる高レベル放射性廃棄物地層処分システムの性能評価上重要な 22 の元素に対して固相（岩石、粘土、その他の鉱物）ごとへの分配係数の件数を表 1 に示す。表 1 からわかるように Cs, Am, U, Np, Pu, Ni, Tc, Ra の各元素については、各々 1,000 件以上のデータ数が登録されている。

3. 既存の収着データベースとの比較評価

既存の収着データベースで、国際的に集大成されたものとして、OECD/NEA SDB(Ticknor and Ruegger, 1989)は 1989 年に OECD/NEA によってまとめられたもので、1981 年から NEA の協力を得て米国パシフィック国立研究所(PNL)で開始された International Sorption Information Retrieval System (ISIRS)をベースにしている。以下 NEA-SDB と略記する。

NEA-SDB は論文やレポート等の文献調査に基づき、静的バッチ試験で得られた様々な元素-溶液-固相系での収着係数（分配係数が主、分配比も含まれる）を実験条件と共に提供している。NEA-SDB には収着係数のデータ数が約 10,500 件、対象放射性元素の数が 30 元素（Ag, Am, Ba, C, Ce, Co, Cs, Eu, Fe, I, Mn, Mo, Nb, Ni, Np, Pd, Pm, Pu, Ra, Ru, Sb, Se, Sn, Sr, Tc, Th, U, Y, Zn, Zr)含まれている。また入力されている固相としては、花崗岩、凝灰岩、砂岩等の各種岩石や緩衝材候補材であるベントナイト、岩石構成鉱物、粘土、堆積物等がある。

NEA-SDB と JNC-SDB の比較のために、元素に U を、固相に花崗岩を選択して分配係数のヒストグラムを作成した。図 1 は NEA-SDB による U の花崗岩への分配係数のヒストグラムを示したものであり、図 2 は JNC-SDB によるものである。JNC-SDB によるものでは、データ件数が増加し、その分配係数の分布がより明確に認識することができるようになっている。

また、NEA-SDB に含まれる分配係数(合計で約 10,500 件)のうち還元条件下(便宜的に Eh が -50mV 以下のものとした)でのデータ数は 1,525 件であったが、JNC-SDB における還元条件下の分配係数のデータ数が 6,365 件と、約 4 倍に増強された。この JNC-SDB に含まれる分配係数の酸化/還元条件に対する固相

(岩石、粘土、その他の鉱物) ごとの内訳を表2に示した。

4. JNC-SDB の活用例

JNC-SDB を用いた性能評価上重要な元素についての岩石に対する分配係数の設定については、澁谷ほか(1999)で詳細にとりまとめている。

ここでは、JNC-SDB の活用例として固相に玄武岩と花崗岩を選択し、元素に Cs を選択して、溶液化学特性のうち性能評価上重要な、pH、Cs 初期濃度(mol/l) を取り上げて分配係数との関係を JNC-SDB クライアントシステム(付録-1 参照)によりグラフ化した。また分配係数のヒストグラムにより分配係数の分布例を紹介する。作図処理については、本報告書の付録の「付録-1 JNC-SDB の利用方法」を参照されたい。

1)Cs の玄武岩への分配係数の例

- 図3より、pHが5～11の範囲で K_d は $0.001 \sim 10 \text{ m}^3/\text{kg}$ の範囲で分布する。pHの上昇とともに K_d が上昇するおよその傾向性が認められる。しかしながら、 K_d は pH 以外のパラメータにも依存することから、傾向性の議論を行うためにはより詳細なデータのスクリーニングを行ない、検討する必要がある。
- 図4より、Cs 初期濃度が $1.0 \times 10^{-11} \sim 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の範囲で K_d は $0.001 \sim 10 \text{ m}^3/\text{kg}$ の範囲で分布する。上記と同様に他のパラメータの影響を検討する必要があるものの、Cs 初期濃度の高い領域では、Cs 濃度の上昇に伴い K_d が減少する傾向性が認められる。
- 図5のヒストグラムからは K_d のほとんどは $0.01 \sim 10 \text{ m}^3/\text{kg}$ の範囲に入り、その中でも、 $0.1 \sim 1 \text{ m}^3/\text{kg}$ の間に最も多く分布することが分かる。

2)Cs の花崗岩への分配係数の例

- 図6より、pHが2～10までの変化で K_d は $0.0001 \sim 100 \text{ m}^3/\text{kg}$ の範囲に分布する。分布の傾向性は明確ではない。
- 図7より、Cs 初期濃度が $1.0 \times 10^{-13} \sim 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の範囲で K_d は $0.001 \sim 1000 \text{ m}^3/\text{kg}$ の範囲に分布する。分布の傾向性は明確ではない。
- 図8のヒストグラムからは K_d は $0.01 \sim 1 \text{ m}^3/\text{kg}$ を中心に分布し、そのほとんどは $0.001 \sim 10 \text{ m}^3/\text{kg}$ 程度の範囲に入ることがわかる。

5. おわりに

高レベル放射性廃棄物の地層処分において評価上重要な元素に対する、ベントナイト、岩石等の地質媒体への収着データを中心に、広範囲な文献調査、データ抽出を行うことで、新たな収着データベース(JNC-SDB)を作成した。登録さ

れた分配係数のデータ数は、既存の NEA-SDB と比較すると約 2 倍であり、大幅にデータ数が増えるとともに、特に還元条件下におけるデータが充実したことで、性能評価上より有用なものになった。本 JNC-SDB は第 2 次とりまとめの岩石に対する核種の分配係数を設定する上で重要な役割を果たした。

謝辞

核燃料サイクル開発機構 東海事業所 処分研究部 処分バリア性能研究グループの油井三和グループリーダーには、データベースの考え方等について議論をしていただいた。スイスの BMG 社の Ochs 博士および Lothenbach 博士にはデータベースの考え方および構造について議論をしていただくとともに文献調査、データコンパイル作業の一部を分担し実施していただいた。また放射化学研究グループの館幸男副主任研究員にはデータベース編集において協力していただいた。エーテック株式会社の日笠氏には Access データベースの設計および作成において御協力いただいた。ここに、感謝申し上げます。

表 1. JNC-SDB に含まれる主要 22 元素の固相ごとへの分配係数の件数

元素	岩石	粘土	その他	合計	元素	岩石	粘土	その他	合計
Ni	762	126	259	1147	Bi	2	1	1	4
Se	500	85	406	991	Po	28	12	1	41
Zr	308	53	103	464	Ra	676	466	45	1187
Nb	481	44	190	715	Ac	48	12	0	60
Tc	577	223	287	1087	Th	286	187	61	534
Pd	65	24	0	89	Pa	53	14	20	87
Sn	115	118	109	342	U	1196	847	293	2336
Sb	107	16	38	161	Np	726	538	420	1684
Cs	1514	602	407	2523	Pu	1011	321	247	1579
Sm	0	71	14	85	Am	659	373	235	1267
Pb	48	203	42	293	Cm	29	12	0	41

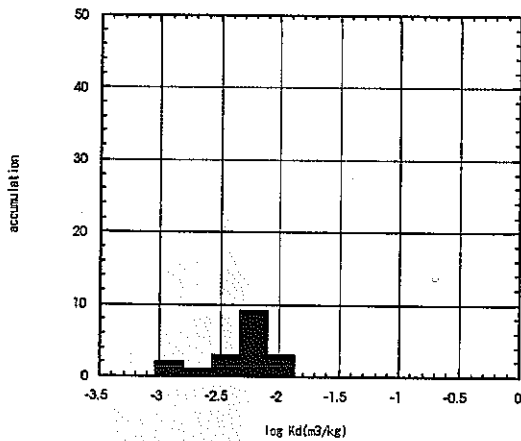


図 1. NEA-SDB による U の花崗岩への Kd のヒストグラム

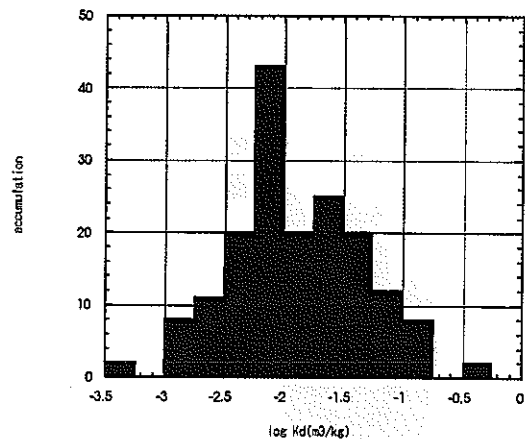


図 2. JNC-SDB による U の花崗岩への Kd のヒストグラム

表 2. JNC-SDB に含まれる酸化/還元条件ごとの分配係数の件数

	還元条件	酸化条件
岩石	3811	5004
粘土	1529	2278
その他	1025	1464
合計	6365	8746

その他; (黒雲母, 磁鉄鉱等の鉱物, コンクリート等)

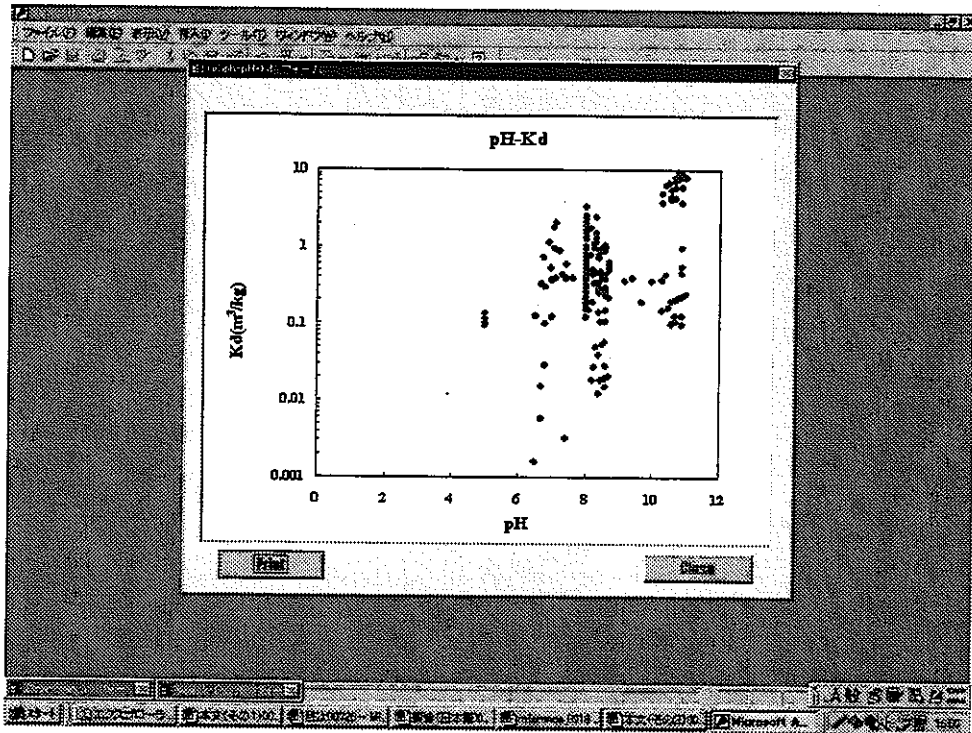


図 3. Cs の玄武岩への Kd と pH

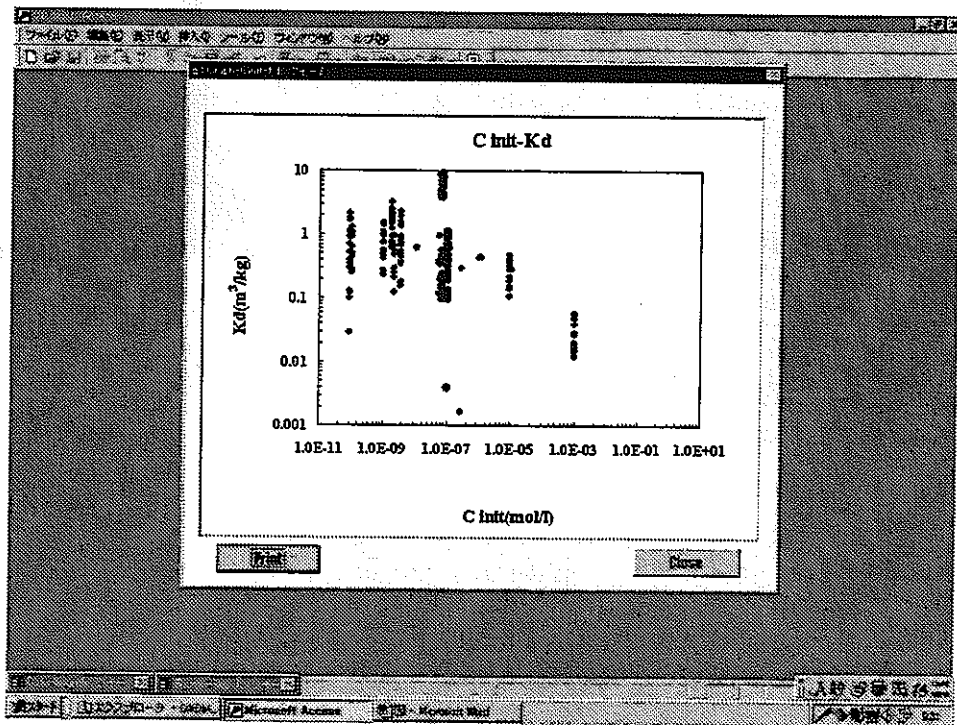


図 4. Cs の玄武岩への Kd と Cs 初期濃度

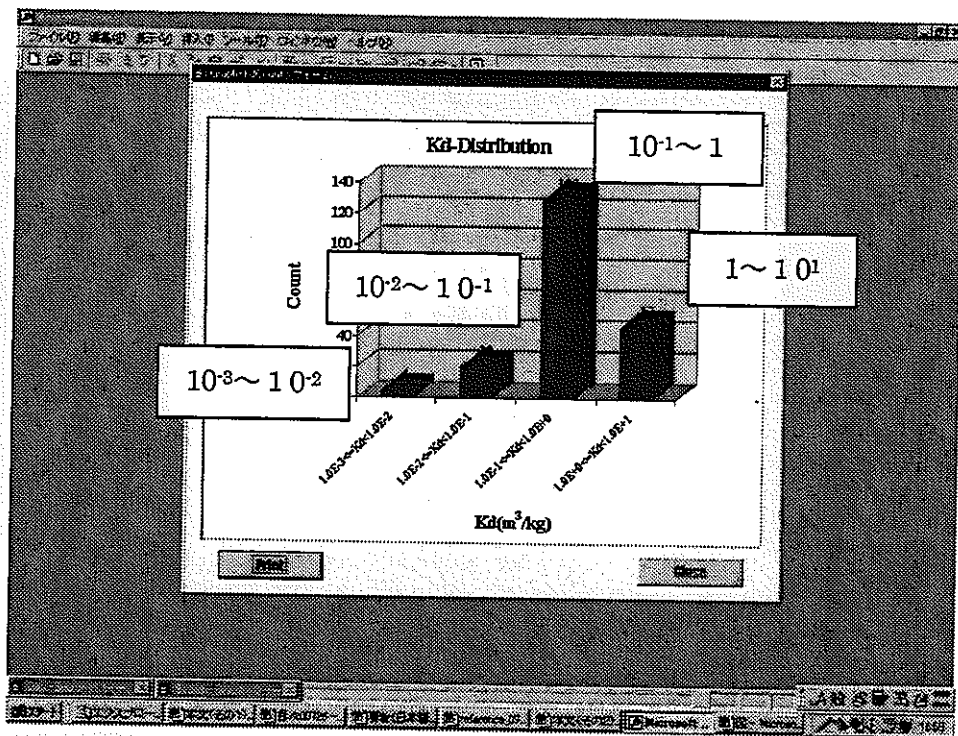


図 5. Cs の玄武岩への Kd のヒストグラム

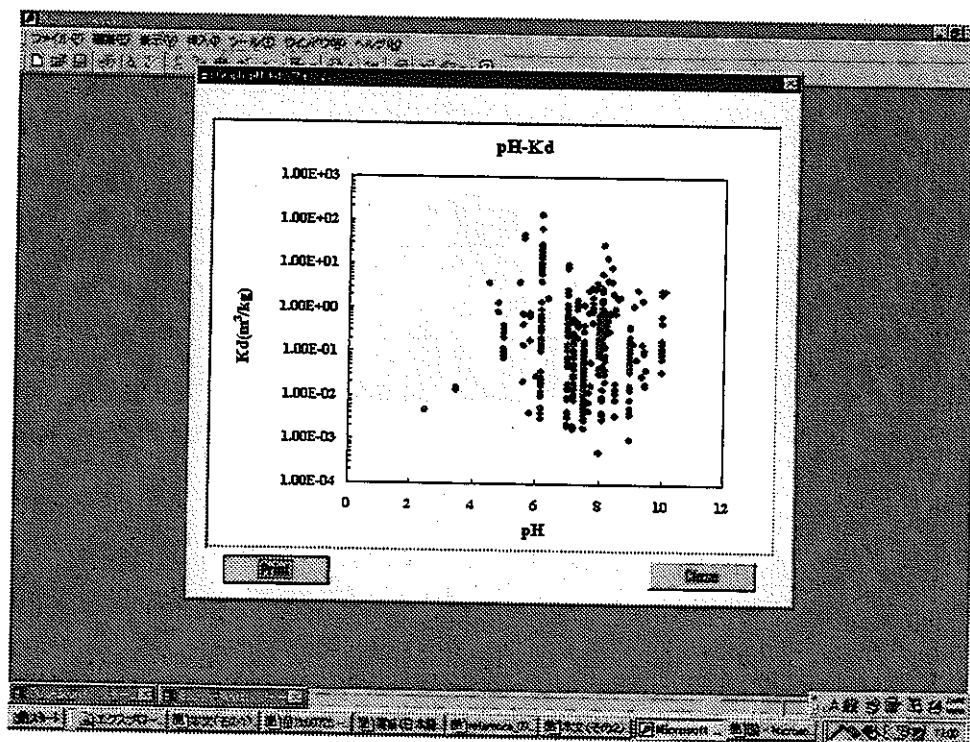


図 6. Cs の花崗岩への Kd と pH

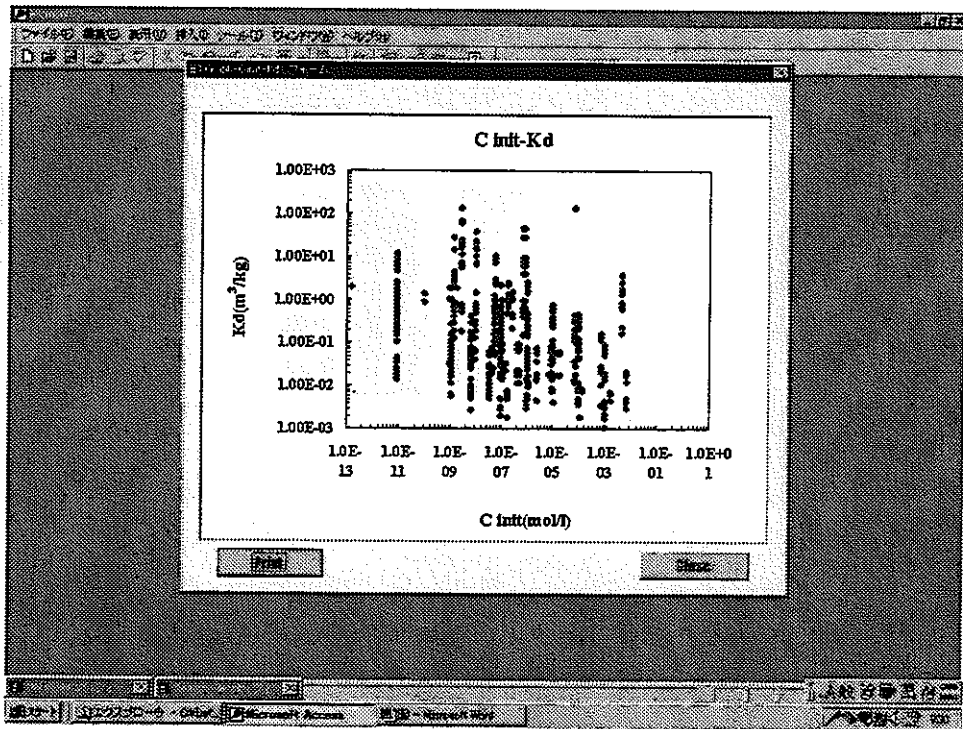


図 7. Cs の花崗岩への Kd と Cs 初期濃度

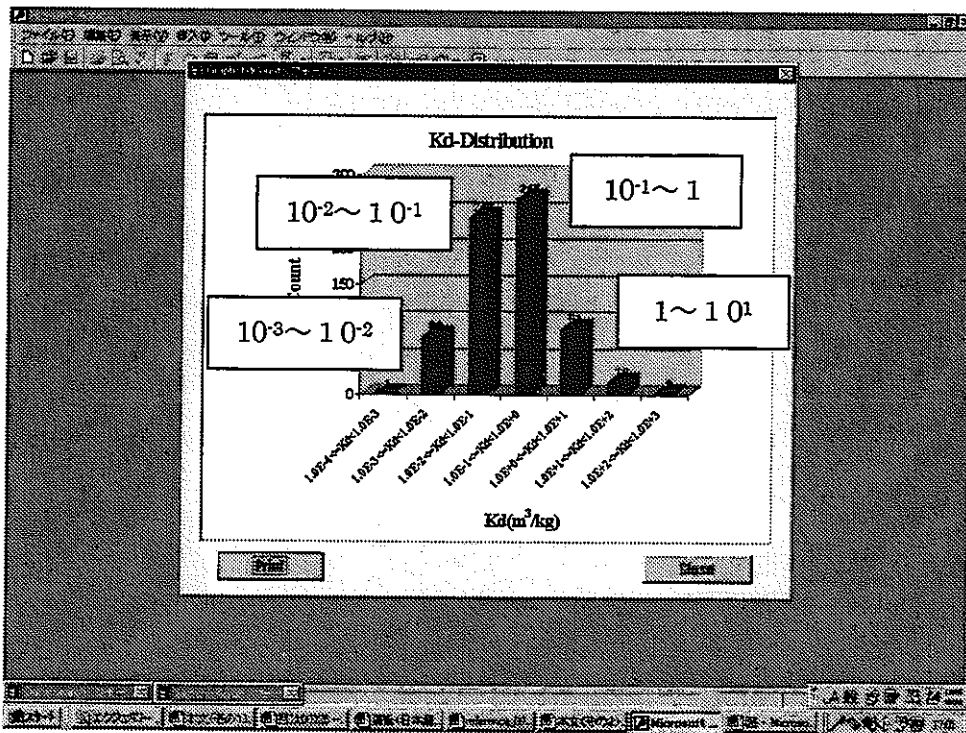


図 8. Cs の花崗岩への Kd のヒストグラム

6. 参考文献

地層処分研究開発の現状(1991):PNC TN 1410 91-009

Ticknor, K. V. and Ruegger, B.(1989):A Guide to the NEA's Sorption Data Base

澁谷朝紀, 陶山忠宏, 柴田雅博(1999):性能評価で用いる岩石に対する核種の分配係数, JNC TN8410 99-051.

・JNC-SDB 登録データの参考文献

文献リスト中で(From NEA-SDB)となっているものは原著を確認できなかったがデータのみを NEA-SDB から引用しているものである。なお, 本リストは JNC-SDB 中の記載にあわせ, 和文の報告も含めて英文表記とした。

Ainsworth, C. C. , Pilon, J. L. , Gassman, P. L. and Van Der Sluys, W. G.(1994):Cobalt, Cadmium, and Lead Sorption to Hydrous Iron Oxide: Residence Time Effect, Soil Sci. Soc. Am. J., Vol.58, pp.1615-1623.

Albinsson, Y. , Andersson, K. , Boerjesson, S. and Allard, B.(1993):Diffusion of Radionuclides in Concrete / Bentonite Systems, SKB-TR--93-29.

Allard, B. and Beall, G. W.(1979):Sorption of Americium on Geologic Media, J. Environ. Sci. Health, A14, pp.507-518.

Allard, B. , Kipatsi, H. and Torstenfelt, B.(1978):Sorption of Long-Lived Radionuclides on Clays and Rocks, Part 2, KBS Technical Report 98, in Swedish (Abstract in English).

Allard, B. , Kigatsi, H. and Torstenfelt, B.(1979a):Technetium: Reduction and Sorption in Granitic Bedrock, Radiochem. Radioanal. Letters, Vol.37, No. 4-5, pp.223-230.

Allard, B. , Rydberg, J. , Kipatsi, H. and Torstenfelt, B.(1979b):Disposal of Radioactive Waste in Granitic Bedrock, American Chemical Society, Vol.4, pp.47-73.

Allard, B. , Beall, G. W. and Krajewski, T.(1980):The Sorption of Actinides in Igneous Rocks, Nuclear Technology, Vol.49, pp.474-480.

Allard, B. , Olofsson, U. , Torstenfelt, B. , Kipatsi, H. and Andersson, K.(1982):Sorption of Actinides in Well-Defined Oxidation States on Geological Media, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.11, pp.775-782.

Allard, B. , Olofsson, U. , Torstenfelt, B. and Kipatsi, H.(1983):Sorption Behaviour of Well-Defined Oxidation States, KBS Technical Report 83-61.

Allard, B. , Eliasson, L. and Andersson, K.(1984):Sorption of Cs, I, and Actinides in Concrete Systems, SKB-KBS-TR--84-15.

Amaya, T. , Kobayashi, W. and Suzuki, K.(1995):Adsorption Study of the Tc(IV) on Rocks and Minerals under Simulated Geological Conditions, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.353, pp.1005-1012.

Ambe, F. , Ambe, S. , Okada, T. and Sekizawa, H.(1986):In Situ Mossbauer Studies of Metal Oxide-Aqueous Solution Interfaces with Adsorbed Cobalt-57 and Antimony-119 Ions, ACS Symp. Series 323, Chapter 19 in: Geochemical Processes at Mineral Surfaces (J.A. Davies and K.F. Hayes, Eds.), pp.403-424.

Ambe, S.(1989):Adsorption of No-Carrier-Added 119Sb(V) Ions onto Metal Oxid and Hydroxide Surfaces from Aqueous Solutions, Radiochimica Acta, Vol.46, pp.145-150.

Ames, L. L. and McGarrah, J. E.(1980):Basalt-Radionuclide Distribution Coefficient FY-1979 Annual Report, Pacific Northwest Laboratories Richland, Washington PNL-3146.

Ames, L. L. , McGarrah, J. E. and Walker, B. A.(1981):Basalt-Radionuclide Reactions: FY-1981 Annual Report, RHO-BW-CR-127 P.

Ames, L. L. , McGarrah, J. E. and Walker, B. A.(1983a):Sorption of Trace Constituents from Aqueous Solutions onto Secondary Minerals I.Uranium, Clays and Clay Minerals, Vol.31, No.5, pp.321-334.

- Ames, L. L. , McGarrah, J. E. and Walker, B. A.(1983b):Sorption of Trace Constituents from Aqueous Solutions onto Secondary Minerals. II. Radium, Clays and Clay Minerals, Vol.31, No.5, pp.335-342.
- Ames, L. L. , McGarrah, J. E. and Walker, B. A.(1983c):Sorption of Uranium and Radium by Biotite, Muscovite, and Phlogopite, Clays and Clay Minerals, Vol.31, No.5, pp.343-351.
- Ames, L. L. , McGarrah, J. E. and Walker, B. A.(1983d):Transport of Radionuclides by Bentonite and Silica Colloids in a GR-3 Synthetic Groundwater-Interim report, RHO-BWI-TL.
- Ames, L. L. , Salter, P. F. , McGarrah, J. E. and Walker, B. A.(1984):Selenate-Selenium Sorption on a Columbia River Basalt, Chemical Geology, Vol.43, pp.287-302.
- Andersson, K. , Torstenfelt, B. and Allard, B.(1983):Sorption of Radionuclides in Geologic Systems, SKBF KBS Technical Report, No.83-63.
- Bagby, E. L. and West, C. M.(1993):Treatment of an Anionic Metal by Adsorption on Iron Oxides Chapter 6 in: Emerging Technologies in Hazardous Waste Management V, (D.W. Tedder and F.G. Pohland, Eds.), ACS Symp. Series 607 pp.64-73 .
- Bajo, C. , Montovani, M. et al. (From NEA-SDB).
- Balistieri, L. S. , Murray, J. W. and Paul, B.(1995):The Geochemical Cycling of Stable Pb, ²¹⁰Pb, and ²¹⁰Po in Seasonally Anoxic Lake Sammamish, Geochimica Cosmochimica Acta, Vol.59, pp.4845-4861.
- Barney, G. S. and Anderson, P. D.(1979):The Kinetics and Reversibility of Radionuclide Sorption Reactions with Rocks- Progress Report for Fiscal Year 1978, PNL Report PNL-SA-7352, pp.163-218.
- Barney, G. S. and Brown, G. E.(1979):The Kinetics and Reversibility of Radionuclide Sorption Reactions with Rocks, RHO-ST-29, pp.261-315.

- Barney, G. S. , Lane, D. L. , Allen, C. C. and Jones, T. E.(1985):Sorption and Desorption Reactions of Radionuclides with a Crushed Basalt-Bentonite Packing Material., RHO-BW-SA--416-P.
- Barney, G. S.(1981):Radionuclide Reactions with Groundwater and Basalts from Columbia River Basalt Formations, RHO-SA-217.
- Barney, G. S.(1982):Radionuclide Sorption on Basalt-Interbed Materials FY 1981 Annual Report, RHO-BW-ST--35P, Basalt Waste Isolation Project.
- Barney, G. S.(1984):Radionuclide Sorption and Desorption Reactions with Interbed Materials from the Columbia River Basalt Formation, ACS Symposium Series 246, pp. 3-23.
- Baston, G. M. N. , Berry, J. A. and Pilkington, N. J.(1990):Studies of the Effects of Organic Materials on the Sorption of Tin and Radium, Nirex Safety Series Report NSS/R224.
- Baston, G. M. N. , Berry, J. A. , Bond, K. A. , Brownsword, M. and Linklater, C. M.(1991):Studies of the Effects of Organic Materials on the Sorption of Uranium(IV) and Thorium(IV) on London Clay and Caithness Flagstones, NSS-R258 AEA-D&R-0210.
- Baston, G. M. N. , Berry, J. A. , Bond, K. A. , Brownsword, M. and Linklater, C. M.(1992a):Effects of Organic Degradation Products on the Sorption of Actinides, Radiochimica Acta, Vol.58/59, pp.349-356.
- Baston, G. M. N. , Berry, J. A. , Littleboy, A. K. and Pilkington, N. J.(1992b):Sorption of Activation Products on London Clay and Dungeness Aquifer Gravel, Radiochimica Acta, Vol.58/59, pp.225-233.
- Baston, G. M. N. , Berry, J. A. and Linklater, C. M.(1993):Factors Influencing the Sorption of Radium onto Geological Materials, Analytical Proceedings, Vol.30, pp.194-195.

- Baston, G. M. N. , Berry, J. A. , Bond, K. A. , Boulton, K. A. and Linklater, C. M.(1994):Effects of Cellulosic Degradation Products Concentration on Actinide Sorption on Tuffs from the Borrowdale Volcanic Group, Sellafield, Cumbria, *Radiochimica Acta*, Vol.66/67, pp.437-442.
- Baston, G. M. N. , Berry, J. A. , Brownsword, M. , Cowper, M. M. , Heath, T. G. and Tweed, C. J.(1995):The Sorption of Uranium and Technetium on Bentonite, Tuff and Granodiorite, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol.353, pp.989-996.
- Baston, G. M. N. , Berry, J. A. , Brownsword, M. , Heath, T. G. , Tweed, C. J. and Williams, S. J.(1995b):Sorption of Plutonium and Americium on Repository, Backfill and Geological Materials Relevant to the JNFL Low-Level Radioactive Waste Repository at Rokkasho-Mura, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol.353, pp.957-964.
- Baston, G. M. N. , Berry, J. A. , Brownsword, M. , Heath, T. G. , Ilett, D. J. , Tweed, C. J. and Yui, M.(1997):The Effect of Temperature on the Sorption of Technetium, Uranium, Neptunium and Curium on Bentonite, Tuff and Granodiorite, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol.465, pp.805-812.
- Baston, G. M. N. , Berry, J. A. , Brownsword, M. , Cowper, M. M. , Haworth, A. , Heath, T. G. , Ilett, D. J. , Linklater, C. M. , McCrohon, R. , Tweed, C. J. and Yui, M. (1999): Sorption Studies of Radioelements on Geological Materials(in preparation).
- Beall, G. W. , Kettle, B. H. , Haire, R. G. and O'Kelley, G. D.(1979):Sorption Behavior of Trivalent Actinides and Rare Earths on Clay Minerals, *Radioactive Waste in Geological Storage*, ACS Symp. Series 100, pp.201-213.
- Behrens, H. , Klotz, D. , Lang, H. and Moser, H.(1982):Laboratory Tests on the Migration Behavior of Selected Fission Products in Aquifer Materials from a Potential Disposal Site in Northern Germany, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol.11, pp.783-790.
- Benes, P. , Borovec, Z. and Strejc, P.(1985):Interaction of Radium with Freshwater Sediments and their Mineral Components. II. Kaolinite and Montmorillonite, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, Vol.89, pp.339-351.

- Benischek, I. , Hess, V. and Metzker, E.(1992a):Preliminary Experiments for Measuring Kd Values for Cesium and Strontium. To Be Used in Site Evaluations, OEFZS—4623.
- Benischek, I. , Hess, V. and Metzker, E.(1992b):Preliminary Experiments for Determining Kd Values for Cesium and Strontium as Part of Site Selection Part II.: Experiments with Clay Materials. To Be Used as Filter Material in Radioactive Waste Ground Deposits, OEFZS—4631.
- Benjamin, M. M. and Leckie, J. O.(1980):Adsorption of Metals at Oxide Interfaces: Effects of the Concentrations of Adsorbate and Competing Metals, Chapter 16 in: Contaminants and Sediments, (D.W. Baker, Ed.), Vol.2, pp.305-322.
- Berger, G.(1992):Distribution of Trace Elements between Clays and Zeolites and Aqueous Solutions Similar to Sea Water, Applied Geochemistry, Suppl. Issue, Vol.1, pp.193-203.
- Bergseth, H.(1980):Selectivity of Illite, Vermiculite and Smectite with Regard to Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , and Mn^{2+} , Acta Agriculturae Scandinavia, Vol.30, pp.460-468.
- Berry, J. A. , Bourke, P. J. , Coates, H. A. , Green, A. , Jefferies, N. L. and Littleboy, A. K.(1988a):Sorption of Radionuclides on Sandstones and Mudstones, Radiochimica Acta, Vol.44/45, pp.135-141.
- Berry, J. A. , Coates, H. A. , Green, A. and Littleboy, A. K.(1988b):Sorption of Radionuclides on Geological Samples from the Bradwell, Elstow, Fulbeck and Killingholme Site Investigations, Nirex Safety Series Report NSS/R121.
- Berry, J. A. , Bond, K. A. , Ferguson, D. R. and Pilkington, N. J.(1989):Studies of the Effects of Organic Materials on the Sorption of Uranium and Plutonium, NSS/R183.
- Berry, J. A. , Bond, K. A. , Brownsword, M. , Ferguson, D. R. , Green, A. and Littleboy, A. K.(1990a):Radionuclide Sorption on Generic Rock Types, Nirex Safety Series Report, No.NSS/R182.

- Berry, J. A. , Brownsword, M. , Gilling, D. , Jefferies, N. L. , Lineham, T. R. and Linsell, I. M.(1990b):Mass Transfer and Sorptive Properties of Geological Samples from the Drigg Site, Chemistry Division AEA Technology.
- Berry, J. A. , Bond, K. A. , Ferguson, D. R. and Pilkington, N. J.(1991a):Experimental Studies of the Effects of Organic Materials on the Sorption of Uranium and Plutonium, *Radiochimica Acta*, Vol.52/53, pp.201-209.
- Berry, J. A. , Baston, G. M. N. , Bond, K. A. , Linklater, C. M. and Pilkington, N. J.(1991b):Studies of the Effects of Degradation Products on the Sorption of Tin and Radium, *Mat. Res. Soc. Sym. Proc.*, Vol.212, pp.577-585.
- Berry, J. A. , Bond, K. A. , Cowper, M. M. , Green, A. and Linklater, C. M.(1994):Factors Influencing the Diffusion of Uranium, Plutonium and Radium through Sherwood Sandstone from Sellafield, Cumbria, *Radiochimica. Acta*, Vol.66/67, pp.447-452.
- Berry, J. A.; Bond, K. A. , Green, A. , Linklater, C. M. and Tweed, C. J.(1995):Sorption onto Tuff in the Chemically-Disturbed Zone of a Cementitious Repository, *Radiochimica Acta*, Vol.72.
- Bidoglio, G. , Avogadro, A. , De-Plano, A. and Lazzari, G. P.(1984):Geochemical Pattern of Americium in the Saline Area Surrounding a Rock Salt Formation, *Radioactive Waste Management and the Nuclear Fuel Cycle, Switzerland*, Vol.5, No.4, pp.311-326.
- Billon, A.(1982):Fixation D'elements Transuraniens a Differentes Degred D'oxydation sur Les Argiles. *Environmental Migration of Long-Lived Radionuclides: Proceedings of an International Symposium on Migration in the Terrestrial Environment of Long-Lived Radionuclides*, pp.167-176.
- Bode, W.(1989):Examinations to Determine the Storage Characteristics of Rocks over the Well Asse II with Regard to Dissolved Radionuclides, *GSF-Bericht*, 16/89.
- Boggs, S. Jr. and Seitz, M. G.(1984):Influence of Dissolved Organic Substances in Groundwater on Sorption Behavior of Americium and Neptunium, *ANL-83-84*.

Bond, K. A. and Tweed, C. J.(1991):Geochemical Modelling of the Sorption of Tetravalent Radioelements, NSS/R227 AEA-D&R-0072.

Bondiètti, E. A. and Francis, C. W.(1979):Geologic Migration Potentials of Technetium-99 and Neptunium-237, Science, Vol.203, pp.1337-1340.

Borovec, Z. and Skocek, V.(1996):The Effect of Clay Mineralogy and pH on Sorption and Desorption of Cadmium and Lead: the Overlying Clay Formation, North Bohemian Brown Coal Basin, Geologica, Vol.38, pp.105-117.

Brandberg, F. and Skagius, K.(1991): Porosity, Sorption and Diffusivity Data Compiled for the SKB 91 Study, SKB Technical Report 91-16.

Brigatti, M. F. , Corradini, F. , Franchini, G. C. , Mazzoni, S. , Medici, L. and Poppi, L.(1995):Interaction between Montmorillonite and Pollutants from Industrial Waste-Waters: Exchange of Zn^{2+} and Pb^{2+} from Aqueous Solutions, Applied Clay Science, Vol.9, pp.383-395.

Bruhl, H. K. : (From NEA-SDB)

Buchholtz, M. R., Santschi, P. H. and Broecker, W. S.(1986):Comparison of Radiotracer K_d Values from Batch Equilibration Experiments with In-Situ Determinations in the Deep-Sea Using the MANOP Lander, London and New York: Elsevier Applied Science Publishers (T.H. Sibley and C. Myttenaere, Eds.), pp.192-205.

Buddemeier, R. W. and Hunt, J. R.(1988):Transport of Colloidal Contaminants in Groundwater: Radionuclide Migration at the Nevada Test Site, Applied Geochemistry, Vol.3, pp.535-548.

Byegard, J. , Johansson, H. and Skalberg, M.(1998):The Interaction of Sorbing and Non-Sorbing Tracers with Different Aspo Rock Types Sorption and Diffusion Experiments in the Laboratory Scale, SKB Technical Report, TR-98-18.

- Cho, Y.-H. , Jeong, C.-H. and Hahn, P.-S.(1996): Sorption Characteristics of ^{137}Cs onto Clay Minerals: Effect of Mineral Structure and Ionic Strength, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol.204, No.1, pp.33-43.
- Christensen, T. H. , Lehmann, N. , Jackson, T. and Holm, P. E.(1996): Cadmium and Nickel Distribution Coefficient for Sandy Aquifer Minerals, *Journal of Contaminant Hydrology*, Vol.24, pp.75-84.
- Clark, S. B. , Johnson, W. H. , Malek, M. A. , Serkiz, S. M. and Hinton, T. G.(1996): A Comparison of Sequential Extraction Techniques to Estimate Geochemical Controls on the Mobility of Fission Product, Actinide, and Heavy Metal Contaminants in Soils, *Radiochimica Acta*, Vol.74, pp.173-179.
- Coles et al.(1980): Geochemical Studies of Sorption and Transport of Radionuclides in Rock Media, PNL-SA-8571, Vol.1-2, pp.357-434.(From NEA-SDB)
- Conca, J. L. and Triay, I. R.(1996): Validity of Batch Sorption Data to Describe Selenium Transport through Unsaturated Tuff, LA--12957-MS.
- Cornell, R. M. and Aksoyoglu, S.(1992): Sorption of Nickel on Marl, *J. Radioanal. Nucl. Chem., Letters*, Vol.164, No.6, pp.389-396.
- Daniels, W. R. , Wolfsberg, K. , Rundberg, R. S. , Ogard, A. E. , Kerrisk, J. F. , Duffy, C. J. , Newton, T. W. , Thompson, J. L. , Bayhurst, B. P. , Bish, D. L. , Blacic, J. D.(1982): Summary Report on the Geochemistry of Yucca Mountain and Environs, A-9328-MS, pp.1-364.
- Daniels, W. R.(1981): Laboratory Studies of Radionuclide Distributions between Selected Groundwaters and Geologic Media: October, 1979-September, 1980., Los Alamos National Laboratory Report LA-8586-PR.
- Davis, J. A. and Leckie, J. O.(1980): Surface Ionization and Complexation at the Oxide/Water Interface -3. Adsorption of Anions, *J. Colloid and Interface Science*, Vol.74, No.1, pp.32-43.

- Deguedre, C. , Ulrich, H. J. and Silby, H.(1994):Sorption of ^{243}Am onto Montmorillonite, Illite and Hematite Collids, *Radiochimica Acta*, Vol.65, pp.173-179.
- Duursma, E. K.(1973):Theoretical Experimental and Field Studies Comparing Reactions of Radioisotopes with Sediments and Suspended Particles of the Sea Part A: Application to Field Studies, *Neth. J. Sea. Res.*, Vol.16, No.3.
- Duursma, E. K. and Bewers, J. M.(1986):Application of Kds in Marine Geochemistry and Environmental Assessment, in: *Application of Distribution Coefficients to Radiological Assessment Models*, Elsevier Applied Science Publishers, (T.H. Sibley and C. Myttenaere, Eds.), London and New York, pp.138-165.
- Duursma, E. K. and Bosch, C. J.(1970):Theoretical, Experimental and Field Studies Concerning Diffusion of Radioisotopes in Sediments and Suspended Particles of the Sea. Part B: Methods and Experiments, *Netherlands J. Sea Research*, Vol.4, pp.395-469.
- Duursma, E. K. and Eisma, D.(1973):Theoretical, Experimental and Field Studies Concerning Reactions of Radioisotopes with Sediments and Suspended Particles of the Sea. Part C: Applications to Field Studies, *Netherlands J. Sea Research*, Vol.6, pp.256-324.
- El-wear, S. , German, K. E. and Peretrukhin, V. F.(1992):Sorption of Technetium on Inorganic Sorbents and Natural Minerals, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol.157, No.1, pp.3-14.
- Erdal, B. R. , Wolfsberg, K. , Vidale, R. , Duffy, C. and Hoffman, D. C.(1977):Laboratory Measurements of Radionuclide Distribution between Selected Ground Waters and Geologic Media, *Pacific Northwest Laboratory Report PNL-SA-6957*, pp.503-516.
- Erdal, B. R. , Daniel, W. R. , Hoffman, D. C. , Lawrence, F. O. and Wolfsberg, K.(1978):Sorption and Migration of Radionuclides in Geologic Media, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol.294, pp. 423-426.

- Erdal, B. R. , Aguilar, R. D. , Bayhurst, B. P. , Daniels, W. R. , Duffy, C. J. , Lawrence, F. O. , Maestas, S. , Oliver, P. Q. and Wolfsberg, K.(1979a): Sorption-Desorption Studies on Granite, LA-7456-MS, pp.1-62.
- Erdal, B. R. , Aguilar, R. D. , Bayhurst, B. P. , Oliver, P. Q. and Wolfsberg, K.(1979b): Sorption-Desorption Studies on Argillite, LA-7455-MS, pp.1-72.
- Erdal, B. R. , Aguilar, R. D. , Bayhurst, B. P. , Daniel, W. R. , Duffy, C. J. , Lawrence, F. O. , Maestas, S. , Oliver, P. Q. and Wolfsberg, K.(1979c): Sorption-Desorption Studies on Granite; I. Initial Studies of Strontium, Technetium, Cesium, Barium, Cerium, Europium, Uranium, Plutonium, and Americium, Los Alamos Scientific Laboratory Report LA-7456-MS.
- Erdal, B. R. , Daniels, W. R. , Hoffman, D. C. , Lawrence, F. O. and Wolfsberg, K.(1979d): Sorption and Migration of Radionuclides in Geologic Media, Scientific Basis for Nuclear Waste Management, Vol.1, pp.423-426.
- Erdal, B. R.(1980): Laboratory Studies of Radionuclide Distributions between Selected Groundwaters and Geologic Media, LA-8088-PR, LA-UR--80-437.
- Eriksen, T. E. and Jansson, M.(1996): Diffusion of I, Cs⁺ and Sr²⁺ in Compacted Bentonite -Anion Exclusion and Surface Diffusion, SKB Technical Report, No.96-16.
- Eriksen, T. E. and Locklund, B.(1987): Radionuclide Sorption on Granitic Drill Core Material, SKB Technical Report 87-22.
- Eriksen, T. E. and Locklund, B.(1989): Radionuclide Sorption on Crushed and Intact Granitic Rock Volume and Surface Effects, SKB Technical Report 89-25.
- Erten, H. N. , Aksoyoglu, S. , Hatipoglu, S. and Gokturk, H.(1988): Sorption of Cesium and Strontium on Montmorillonite and Kaolinite, Radiochimica Acta, Vol.44/45, pp.147-151.

Fahrenhorst, C.(1993):Retardation and Mobility of Lead, Antimony and Arsenic in Soil on the Example of Shooting Ranges, *Bodenökologie und Bodengenese* Heft 11, Technical University of Berlin, Berlin, Germany, in German. (H.-R. Bork, M. Renger, F. Alaily, C. Roth and G. Weesolek, Eds.), Institute for Ecology.

Farrah, H. , Hatton, D. and Pickering, W. F.(1980):The Affinity of Metal Ions for Clay Surfaces, *Chem. Geol.*, Vol.28, pp.55-68.

Francis, C. W. and Bondietti, E. A.(1979):Sorption-Desorption of Long-Lived Radionuclide Species on Geologic Media, Annual Report October 1, pp.81-133.

Fujikawa, Y. and Fukui, M.(1997):Radionuclide Sorption to Rocks and Minerals: Effects of pH and Inorganic Anions. Part 1. Sorption of Cesium, Cobalt, Strontium and Manganese, *Radiochimica Acta*, Vol.76, pp.153-162.

Furuya : Unpublished(From NEA-SDB).

Gandon, R. and Guegueniat, P.(1992):Preconcentration of ^{125}Sb onto MnO_2 from Seawater Samples for Gamma-ray Spectrometric Analysis, *Radiochimica. Acta*, Vol.57, pp.159-164.

Gorgeon, L.(1994):Contribution a la Modelisation Physico-Chimique de la Retention de Radioelements a vie Longue par des Materiaux Argileux THESE de DOCTORAT de l'UNIVERSITE PARIS 6.

Griffin, R.A. and Au, A.K.(1977):Lead Adsorption by Montmorillonite Using a Competitive Langmuir Equation, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol.41, pp.880-882.

Gunnerisson, L. , Lovgren, L. and Sjoberg, S.(1994):Complexation of Pb(II) at the Goethite ($\alpha\text{-FeOOH}$)/Water Interface: the Influence of Chloride, *Geochimica Cosmochimica Acta*, Vol.58, pp.4973-4983.

Haigh, D. , Higgo, J. J. W. , Williams, G. M. , Hooker, P. J. , Ross, C. A. M. , Falck, W. E. , Allen, M. A. and Warwick, P.(1991):The Effect of Organics on the Sorption of Strontium, Caesium, Iodine, Neptunium, Uranium and Europium by Glacial Sand, EUR—13519.

- Hansen, W. R. and Watters, R.(1971):Unsupported $^{210}\text{PoO}_2$ in Soil: Soil Adsorption and Characterization of Soil Solution Species, *Soil Science*, Vol.112, pp.145-155.
- Hayes, K. F. , Papelis, C. and Leckie, J. O.(1988):Modeling Ionic Strength Effects on Anion Adsorption at Hydrous Oxide/ Solution Interfaces, *J. Colloid and Interface Science*, Vol.125, No.2, pp.717-726.
- He, Q. and Walling, D. E.(1996):Interpreting Particle Size Effects on the Adsorption of ^{137}Cs and Unsupported ^{210}Pb by Mineral Soils and Sediments, *J. Environ. Radioactivity*, Vol.30, pp.117-137.
- Henrion, P. N. , Monsecour, M. , Fonteyne, A. , Put, M. and Regge, P. D.(1985):Migration of Radionuclides in Boom Clay, *Radioactive Waste Management and the Nuclear Fuel Cycle*, Vol.6, No.3-4, pp.313-359.
- Henrion, P. N. , Nonsecour, M. and Fonteyne, A.(1986):Application of Sorption Data to the Evaluation of Radioelement Migration in the Boom Clay Formation. Application of Distribution Coefficients to Radiological Assessment Models (T.H. Sibley and C. Myttenaere, Eds.), London and New York: Elsevier Applied Science Publishers, pp.138-165.
- Hietanen, R. and Alaluusua, M.(1984) : (From NEA-SDB).
- Higgo, J. J. W. , Rees, L. V. C. and Cronan, D. S.(1983):Sorption of Americium and Neptunium by Deep-Sea Sediments, *Radioactive Waste Management and the Nuclear Fuel Cycle*, Vol.4, No.1, pp.73-102.
- Higgo, J. J. W. , Rees, L. V. C. , Coles, T. G. and Cronan, D. S.(1987):Distribution of Radionuclides through Deep-Sea Sediments, DOE-RW-87053.
- Hohl, H. and Stumm, W.(1976):Interactions of Pb^{2+} with Hydrous $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, *J. Colloid Interface Sci.*, Vol.55, pp.281-288.
- Holttä, P. , Siitari-Kauppi, M. , Huihuri, P. , Lindberg, A. and Hautajarvi, A.(1997):The Effect of Specific Surface Area on Radionuclide Sorption on Crushed Crystalline Rock, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol.465, pp.789-796.

Hooker, P. J. , West, J. M. and Noy, D. J.(1986):Mechanisms of Sorption of Np and Tc on Argillaceous Materials. Final report, DOE-RW--86.055.

Hsu, C.-N. and Chang, K.-P.(1994):Sorption and Desorption Behavior of Cesium on Soil Components, Appl. Radiat. Isot., Vol.45, No.4, pp.433-437.

Hu, G.-S. and Yu, M.-F.(1993):Adsorption Kinetics of Pb^{2+} and Cu^{2+} on Variable Charge Soils and Minerals: III. Adsorption Kinetics of Pb^{2+} within 30 minutes, Pedosphere, Vol.3, pp.349-359.

Huitti, T. , Hakanen, M. and Lindberg, A.(1998):Sorption of Cesium on Olkiluoto Mica Gneiss, Granodiorite and Granite, POSIVA OY, No.98-11.

Hunter, K. A. , Hawke, D. J. and Choo, L. K.(1988):Equilibrium Adsorption of Thorium by Metal Oxides in Marine Electrolytes, Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol.52, pp.627-636.

Ikeda, T. and Amaya, T.(1998):Model Development of Chemical Evolution in Repository Vol.II Acquisition of Nuclide Migration Data in Near-Field, PNC ZJ 1281 98-003.(in Japanese)

Ikeda, T. , Amaya, T. and Chiba, T.(1995):The Sorption of Sn(IV) in Bentonite and Rocks, PNC TJ1281 95-009. (in Japanese)

Ito, K. and Kanno, T.(1988):Sorption Behavior of Carrier-Free Technetium-95m on Minerals, Rocks and Backfill Materials under both Oxidizing and Reducing Conditions, Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.25, No.6, pp.534-539.

JGC Corporation(1991):Analytical Code Development and Data Set Preparation for Near Field Analysis(Vol. 3), PNC Technical Report, PNC TJ1281 91-005(3).

Johansson, H. , Byegard, J. , Skarnemark, G. and Skalberg, M.(1997):Matrix Diffusion of Some Alkali- and Alkaline-Earth Metals in Granitic Rock, Material Research Society, Vol.465, pp.871-878.

- Kanno, T. , Wakamatsu, H. , Hatta, M. and Miwa, K.(1989):Static and Permeability Sorption Tests of Buffer Materials for Geologic Disposal for High-Level Wastes, Waste Processing, Transportation, Storage and Disposal, Technical Programs and Public Education, Vol.1, pp.647-651.
- Kaukonen, V. , Hakanen, M. and Lindberg, A.(1993):Sorption of Cs, U, Np, and Pu and Diffusion of Water, Cs and Np in Basic Plutonic Rocks and Vulcanite, YJT Report, No.YJT-93-13.
- Kawaguchi, M. , Kaminoyama, M. , Takase, H. and Suzuki, K.(1989):Study of Cation Adsorption Model on Sodium Bentonite, High-Level Radioactive Waste and Spent Fuel Management, Vol.2, pp.313-317.
- Khan, S. and Iqbal, N.(1988):Adsorption of Cu^{2+} , Pb^{2+} and Zn^{2+} on Ca-Saturated illite, Clay Research, Vol.7, pp.50-53.
- Khan, S. and Khan, N. M.(1985):Thermodynamics of Pb^{2+} Exchange with Na^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+} on Illite Surfaces, Clay Research, Vol.4, pp.75-80.
- Kim, J. I. , Buckau, G. , Rommel, H. and Sohnius, B.(1989):The Migration Behaviour of Transuranium Elements in Gorleben Aquifer Systems: Colloid Generation and Retention Process, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.127, pp.849-854.
- Kim, J. I. , Delakowitz, B. , Zeh, P. , Klotz, D. and Lazik, D.(1994):A Column Experiment for the Study of Colloid Radionuclide Migration in Gorleben Aquifer Systems, Vol. Radiochimica Acta, Vol.66/67, pp.165-171
- Kitamura, A. , Yamamoto, T. , Moriyama, H. and Nishikawa, S.(1997)Selective Adsorption Behavior of Cesium Ions onto Granite, Journal of Nuclear Fuel Cycle and Environment, Vol.4, No.1, pp.39-45. (in Japanese)
- Klotz , D. and Lang, H. : (From NEA-SDB)
- Koepfenkastrof, D. and De Carlo, E. H.(1993):Uptake of Rare earth Elements from Solution by Metal Oxides, Environ. Sci. Technol., pp.1796-1802.

- Konishi, M. , Yamamoto, K. , Yanagi, T. and Okajima, Y.(1988): Sorption Behavior of Cesium, Strontium and Americium Ions on Clay Materials, *Journal of Nuclear Science and Technology*, Vol.25, No.12, pp.929-933.
- Koskinen, A. , Alaluusa, M. , Pinnioja, S. , Jaakola, T. and Lindberg, A.(1985): Sorption of Iodine, Neptunium, Technetium, Thorium and Uranium on Rocks and Minerals, *YJT-85-36*.
- Kozai, N. , Ohnuki, T. and Muraoka, S.(1994): Effect of Calcium Ion on Sorption of Neptunium by Smectite, *Journal of the Atomic Energy Society of Japan*, Vol.36, No.10, pp.955-957.(in Japanese)
- Kozai, N. , Ohnuki, T. and Muraoka, S.(1995): Sorption Behavior of Neptunium on Bentonite -Effect of Calcium Ion on the Sorption-, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol. 353, pp.1021-1028.
- Kozai, N. , Ohnuki, T. , Matsumoto, J. , Banba, T. and Ito, Y.(1996): A Study of Specific Sorption of Neptunium(V) on Smectite in Low pH Solution, *Radiochimica Acta*, Vol.75, pp.149-158.
- Kruse, K.(1993): The Adsorption of Heavy Metal Ions on Different Clays, *Veroffentlichungen des Instituts fur Geotechnik 203*, ETH Zurich, Zurich, Switzerland, in German.
- Kudo, A. , Zheng, J. , Cayer, I. , Fujikawa, Y. , Asano, H. , Arai, K. , Yoshikawa, H. and Ito, M. (1997): Behaviour of Plutonium Interacting with Bentonite and Sulfate-Reducing Anaerobic Bacteria, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol.465, pp.879-884.
- Kulmala, S. and Hakanen, M.(1993): The Solubility of Zr, Nb and Ni in Groundwater and Concrete Water, and Sorption on Crushed Rock and Cement, *Report YJT - 93 -21*.
- Kulmala, S. , Hakanen, M. and Lindberg, A.(1998): Sorption of Plutonium on Rocks in Groundwaters from Posiva Investigation Sites, *POSIVA 98-12*.

- Lang, H. and Klotz, D.(1982):Determination of Distribution Equilibria between Porous Sediment, Aqueous Radionuclides Solutions by the Aid of Various Batch Processes.
- Laske, D.(1980):EIR Report TM-44-80-4.
- Legoux, Y. , Blain, G. , Guillaumont, R. , Ouzounian, G. , Brillard, L. and Hussonnois, M.(1992):Kd Measurements of Activation, Fission and Heavy Elements in Water/Solid Phase Systems, *Radiochimica Acta*, Vol.58/59, pp.211-218.
- Liang, J.-J. and Sherriff, B. L.(1993):Lead Exchange into Zeolite and Clay Minerals: a ^{29}Si , ^{27}Al , ^{23}Na Solid-State NMR Study, *Geochimica Cosmochimica Acta*, Vol.57, pp.3885-3894.
- Liechti, P.(1982):Adsorption of Metal Ions on the Kaolinite-Water Interface, Ph.D. thesis, University of Berne, Berne, Switzerland, in German.
- Lieser, K. H. and Muhlenweg, U.(1988):Neptunium in the Hydrosphere and in the Geosphere, *Radiochimica Acta*, Vol. 44/45, pp.129-133.
- Lieser, K. H. and Ament, A.(1993):Radiochemical Investigation of the Partition and Sorption of Lead in Groundwater/Sediment Systems, *Radiochimica Acta*, Vol.60, pp.153-158.
- Lieser, K. H. , Ament, A. , Hill, R. , Singh, R. N. , Stingl, U. and Thybusch, B.(1990):Colloids in Groundwater and their Influence on Migration of Trace Elements and Radionuclides, *Radiochimica Acta*, Vol.49, pp.83-100.
- Lothenbach, B., Furrer, G. and Schulin, R.(1997):Immobilisation of Heavy Metals by Polynuclear Aluminium and Montmorillonite Compounds, *Environ. Sci. Technol.*, in press.
- Mackenzie, A. B. , Scott, R. D. , McKinley, I. G. and West, J. M.(1983):A Study of Long Term (10^3 - 10^4 y) Elemental Migration in Saturated Clays and Sediments, FLPU--83-6.

- Maclean, S. C. , Coles, D. G. and Weed, H. C.(1978):The Measurement of Sorption Ratios for Selected Radionuclides on Various Geologic Media, UCID-17928.
- Majone, M. , Petrangeli Papini, M. and Rolle, E.(1993):Clay Adsorption of Lead from Landfill Leachate, Environmental Technology, Vol.14, pp.629-638.
- McKinley, J. P. , Zachara, J. M. , Smith, S. C. and Turner, G. D.(1995):The Influence of Uranyl Hydrolysis and Multiple-Binding Reactions on Adsorption of U(VI) to Montmorillonite, Clays and Clay Minerals, Vol.43, No.5, pp.586-598.
- Meier, H. , Zimmerhackl, E. , Zeitler, G. , Menge, P. and Hecker, W.(1987):Influence of Liquid/Solid Ratios in Radionuclide Studies, J. Radioanalytical Nuclear Chemistry, Vol.109, pp.139-151.
- Meier, H. , Zimmerhackl, E. , Zeitler, G. and Menge, P.(1994):Parameter Studies of Radionuclide Sorption in Site-Specific Sediment/Groundwater Systems, Radiochimica Acta, Vol.66/67, pp.277-284.
- Meijer, A. , Triay, I. , Knight, S. and Cisneros, M.(1990):Sorption of Radionuclides on Yucca Mountain Tuffs, Proc Top Meet. Nucl. Waste, pp.113-117.
- Meyer, R. E. , Arnold, W. D. , Kelmers, A. D. , Kessler, J. H. , Clark, R. J. , Johnson, J. S. , Young, G. C. , Case, F. I. and Westmoreland, C. G.(1985):Technetium and Neptunium Reactions in Basalt/Groundwater Systems, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.44, pp.335-342.
- Meyer, R. E. et. al.(1987) : NUREG/CR-4708 ORNL/TM-10147, Vol.1(From NEA-SDB).
- Meyer, R. E. , Arnold, W. D. , Case, F. I. , O'Kelly, G. D. O. and Land, J. F.(1990):Effects of Mineralogy on Sorption of Strontium and Cesium onto Calico Hills Tuff, NUREG/CR-5463.
- Morgan, R. D. , Pryke, D. C. and Rees, J. H.(1987):Data for the Sorption of Actinides on Candidate Materials for Use in Repositories, DOE-RW--87.094.

- Moulin, V. and Stammose, D.(1989):Effect of Humic Substances on Americium(III) Retention onto Silica, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.127, pp.723-727.
- Mucciardi, A. N. , Booker, I. J. , Orr, E. C. and Cleveland, D. (Adaptronics, Inc., McLean, VA)(1978):Statistical Investigation of the Mechanics Controlling Radionuclide Sorption. Part II. Final Technical Report, PNL-SA—7352, Vol.2.
- Muller, B. and Sigg, L.(1992):Adsorption of Lead (II) on Goethite Surface: Voltammetric Evaluation of Surface Complexation Parameters, J. Colloid Interface Sci., Vol.148, pp.517-532.
- Muurinen, A. , Rantanen, J. and Penttila-Hiltunen, P.(1985):Diffusion Mechanisms of Strontium, Cesium and Cobalt in Compacted Sodium Bentonite, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vo.50, pp.617-624.
- Muurinen, A. , Penttila-Hiltunen, P. and Rantanen, J.(1987):Diffusion Mechanisms of Strontium and Cesium in Compacted Sodium Bentonite, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.84, pp.803-812.
- Nagasaki, S. and Tanaka, S.(1995):Affinity of Dispersed Montmorillonite Particles for Americium and Lanthanides.
- Nagasaki, S. , Tanaka, S. and Suzuki, A.(1994):Colloid Formation and Sorption of Americium in the Water / Bentonite System, Radiochimica Acta, Vol.66/67, pp.207-212.
- Nakamura : Unpublished(From NEA-SDB).
- Nakayama, S. and Sakamoto, Y.(1991):Sorption of Neptunium on Naturally-Occurring Iron-Containing Minerals, Radiochimica Acta, Vol.52/53, pp.153-157.
- Nakayama, S. , Moriyama, H. , Arimoto, H. and Higashi, K.(1986):Distribution Coefficients of Americium, Neptunium and Protoactinium for Selected Rocks, The Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyoto University, Vol.48, No.3, pp.275-283.

Nakayama, S. , Vandergraaf, T. T. and Kumada, M.(1994):Experimental Study on Nuclides Migration under the Deep Geological Condition. -Column Tests on Neptunium and Plutonium with Granite and Groundwater at Lac du Bonnet, Manitoba, Canada, Radioactive Waste Research, Vol.1, No.1, pp.67-76. (in Japanese)

Neretnieks, I. and Skagius, C.(1978):Diffusivity Measurements in Wet Compacted Clay Na-Lignosulfonate, Sr^{2+} , Cs^+ , KBS Technical Report 87.

Nikura : no-reference available(From NEA-SDB).

Nowak, E. J.(1979):SAND-1110(From NEA-SDB).

Oda, C. , Ikeda, T. and Shibata, M. (1999):Experimental Studies for Sorption Behavior of Tin on Bentonite and Rocks, and Diffusion Behavior of Tin in Compacted Bentonite, JNC TN8400 99-073. (in Japanese)

Ohe, T. , Tsukamoto, M. , Fujita, T. , Hesbol, R. and Hermansson, H-P.(1993):Temperature and pH Dependence of Neptunium(V) Sorption on Bentonite, The American Society of Mechanical Engineers, 10354A, pp.197-205.

Ohe : Civil Engineering Laboratory Report(From NEA-SDB).

Ohnuki, T. and Kozai, N.(1994):Sorption Characteristics of Radioactive Cesium and Strontium on Smectite, Radiochimica Acta, Vol.66/67, pp.327-331.

Ohnuki, T. , Murakami, T. , Sato, T. and Isobe, H.(1992):Changes in Sorption Forms of Radioactive Cesium and Strontium during Smectite to Illite Alteration Difference in Sorption Forms between Dynamic and Static Conditions, Journal of the Atomic Energy Society of Japan, Vol.34, No.12, pp.1139-1142. (in Japanese)

Ohnuki, T.(1994a):Sorption Characteristics of Strontium on Sandy Soils and Their Components, Radiochimica Acta, Vol.64, pp.237-245.

Ohnuki, T.(1994b):Sorption Characteristics of Cesium on Sandy Soils and Their Components, Radiochimica Acta, Vol.65, pp.75-80.

- Onodera, Y. , Iwasaki, T. , Hayashi, H. , Torii, K. , Mimura, H. and Akiba, K.(1994):Sorption Behavior of Cs on Smectites, Radioactive Waste Research, Vol.1, No.1, pp.53-65. (in Japanese)
- Oscarson, D. W. , Hume, H. B. and King, F.(1994):Sorption of Cesium on Compacted Bentonite, Clays and Clay Minerals, Vol.42, No.6, pp.731-736.
- Oscarson, D. W.(1994):Surface Diffusion : Is it an Important Transport Mechanism in Compacted Clays ?, Clays and Clay Minerals, Vol.42, No.5, pp.534-543.
- Osthols, E.(1995):Thorium Sorption on Amorphous Silica, Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol.59, No.7, pp.1235-1249.
- Palmer, D. A. and Meyer, R. E.(1981):Adsorption of Technetium on Selected Inorganic Ion-Exchange Materials and on a Range of Naturally Occurring Minerals under Oxidic Conditions, J. Inorg. Nucl. Chem., Vol.43, No.11, pp.2979-2984.
- Park, C. K. , Woo, S. I. , Tanaka, T. and Kamiyama, H.(1992):Sorption and Desorption Behavior of ⁶⁰Co, ⁸⁵Sr and ¹³⁷Cs in a Porous Tuff -Mechanisms and Kinetics-, Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.29, No.12, pp.1184-1193.
- Pescatore, C. and Sullivan, T.(1985):Sorption-Capacity Limited Retardation of Radionuclides Transport in Water-Saturated Packing Materials, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.44, pp.369-376.
- Pinnioja, S.(1983):Scientific Basis for Nuclear Waste Management-VII.
- Pinnioja, T. , Jaakkola, T. and Miettinen, J. K.(1984):Comparison of Batch and Autoradiographic Methods in Sorption Studies of Radionuclides in Rock and Mineral Samples, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.26, pp.979-984.
- Puls, R. W., Powell, R. M., Clark, D. and Eldred, C. J.(1991):Effects of pH, Solid/Solution Ratio, Ionic Strength, and Organic Acids on Pb and Cd Sorption on Kaolinite, Water, Air, Soil Pollution, Vol.57-58, pp.423-430.

Rancon, D. and Rochon, J.(1979):Retention of Long-Lived Radionuclides in Different Neutral Materials, Proceedings of the Workshop on the Migration of Long-lived Radionuclides in the Geosphere, International Atomic Energy Agency, Brussels, 29th-31st January 1979, in French., pp.301-322.

Relyea, J. F. , Ames, L. L. , Serne, R. J. , Fulton, R. W. and Washburne, C. D.(1978):Batch Kd Determinations with Common Minerals and Representative Groundwaters, PNL-SA-7352, Vol.2, pp.259-330.

Rhodes, D. W.(1957):The Effect of pH on the Uptake of Radioactive Isotopes from Solution by a Soil, Soil Sci. Soc. Proc., pp.389-392.

Righetto L. , Bidoglio G. , Marcandalli B. , Bellobono I. R.(1988):Surface Interactions of Actinides with Alumina Colloids, Radiochimica Acta, Vol.44/45, pp.73-75.

Rochon, J. , Rancon, D. and Gourmel, J. P.(1980):Laboratory Studies on the Retention and Transfer of Fission Products and Transuranics in Porous Media, Underground Disposal of Radioactive Wastes, Vol. II, International Atomic Energy Agency, Vienna, in French (Abstract in English), pp.271-315i.

Rogers, P. S. Z. and Meijer, A.(1993):Dependence of Radionuclide Sorption on Sample Grinding Surface Area, and Water Composition, High Level Radioactive Waste Management, Vol.2, pp.1509-1516.

Sakamoto, Y. , Konishi, M. , Shirahashi, K. , Senoo, M. and Moriyama, N.(1990):Adsorption Behavior of Neptunium for Soil, Radioactive Waste Management and the Nuclear Fuel Cycle, Vol.15, No.1, pp.13-25.

Sakamoto, Y.(1994):Influence of Carbonate on Sorption of Np(V) onto Soil, Radioactive Waste Research, Vol.1, No.1, pp.107-113. (in Japanese)

Salter, P. F. and Jacobs, G. K.(1982):Evaluation of Radionuclide Transport: Effect of Radionuclide Sorption and Solubility, Elsevier Science Publisher, pp.801-810.

Salter, P. F. , Ames, L. L. and McGarrah, J. E.(1981):Sorption of Selected Radionuclides on Secondary Minerals Associated with the Columbia River Basalts, RHO-BWI-LD-43.

Salter, P. F.(1982):Sorption Behavior of Selected Radionuclides on Potential Backfill Material, RHO-BWI-TI-072.

Santschi, P. H. , Nyffeler, U. P. , Li, Y.-H. and O'Hara, P.(1984):Radionuclide Cycling in Natural Waters: Relevance of Sorption Kinetics, 3rd Int. Symp. Interactions between Sediments and Water, Geneva, August 1984, pp.18-27.

Sato, H. and Shibutani, T.(1994):Study on Adsorption and Diffusion Mechanism of Nuclides in Buffer Material and Geosphere, PNC Technical Report, PNC TN 8410 94-284. (in Japanese)

Sato, H. , Yui, M. and Yoshikawa, H.(1995):Diffusion Behavior for Se and Zr in Sodium-Bentonite, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.353, pp.269-276.

Sato, H. , Shibutani, T. and Yui, M.(1997):Experimental and Modelling Studies on Diffusion of Cs, Ni and Sm in Granodiorite, Basalt and Mudstone, Journal of Contaminant Hydrology, Vol.26, pp.119-133.

Sazareishi, M. , Ikeda, Y. , Kumagai, M. , Seki, R. and Yoshikawa, H.(1994):Adsorption Behavior of Iodide on Natural and Modified Minerals, Radioactive Waste Research, Vol.1, No.1, pp.99-105.

Schulthess, C. P. and Huang, C. P.(1990):Adsorption of Heavy Metals by Silicon and Aluminium Oxide Surfaces on Clay Minerals, Soil Sci. Soc. Am. J., Vol.54, pp.679-688.

Shade, J. W. , Ames, L. L. and McGarrah, J. E.(1994):Actinide and Technetium Sorption on Iron-Silicate and Dispersed Clay Collides, American Chemical Society, Vol.246, pp.67-77.

Sharma, H. D. and Oscarson, D. W.(1989):Diffusion of Plutonium(IV) in Dense Bentonite-Based Materials, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.127, pp.735-741.

- Sheppard, S. C. , Sheppard, M. and Evenden, W. G.(1990):A Novel Method Used to Examine Variation in Tc Sorption Among 34 Soils, Aerated and Anoxic, *J. Environ. Radioactivity*, Vol.11, pp.215-233.
- Shibutani, T. , Yui, M. , Yoshikawa, H.(1994):Sorption Mechanism of Pu, Am and Se on Sodium-Bentonite, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol.333, pp.725-730.
- Shibutani, T. , Kuroha, M. , Inui, S. , Okazaki, M. and Yui, M.(1998):Sorption Behavior of Pu(IV) on Bentonite under Reducing Condition, 1998 Annual Meeting of the Atomic Energy Society of Japan, pp.608. (in Japanese)
- Smith, P. A. and Degueudre, C.(1993):Colloid-Facilitated Transport of Radionuclides through Fractured Media, *Journal of Contaminant Hydrology*, Vol.13, pp.143-166.
- Srivastava, S. K. , Tyagi, R. , Pant, N. and Pal, N.(1989):Studies on the Removal of Some Toxic Metal Ions: Part II (Removal of Lead and Cadmium by Montmorillonite and Kaolinite), *Environ. Technol. Lett.*, Vol.10, pp.275-282.
- Stammose, D. and Dolo, J.-M.(1990):Sorption of Americium at Trace Level on a Clay Mineral, *Radiochimica Acta*, Vol.51, pp.189-193.
- Stammose, D. , Ly, J. , Pitsch, H. and Dolo, J. M.(1992):Sorption Mechanisms of Three Actinides on a Clayey Mineral, *Applied Clay Science*, Vol.7, pp.225-238.
- Suksi, S. , Kaemaeraeinen, E. L. , Siitari-Kauppi, M. and Lindberg, A.(1987):Sorption and Diffusion of Cobalt, Nickel, Strontium, Iodine, Cesium and Americium in Natural Fissure Surfaces and Drill Core Cups Studied by Autoradiography, 3, *YJT--87-17*.
- Suksi, S. , Siitari-Kauppi, M. , Holta, P. , Jaakola, T. and Lindberg, A.(1989):Sorption and Diffusion of Radionuclides (C, Tc, U, Pu, Np) in Rock Samples under Oxidic and Anoxic Conditions, *YJT Report*, No.YJT-89-13.
- Tachi, Y. , Shibutani, T. , Sato, H. and Yui, M.(1998):Sorption and Diffusion Behavior of Selenium in Tuff, *Journal of Contaminant Hydrology*, vol. 35, pp.77-89.

- Tachi, Y. , Shibutani, T. and Yoshikawa, H.(1999a): Sorption Behavior of Neptunium on Rocks under Reducing Conditions, JNC Technical Report(in Japanese) (in preparation)
- Tachi, Y. , Shibutani, T. and Yoshikawa, H.(1999b): Distribution Coefficients of Radium for Bentonite and Rocks, JNC Technical Report(in Japanese) (in preparation)
- Tachi, Y. , Shibutani, T. , Nishikawa, Y. and Shinozaki, T.(1999c): Sorption Behavior of Selenium on Bentonite and Granodiorite under Reducing Conditions, JNC Technical Report(in Japanese) (in preparation)
- Tachi, Y. , Shibutani, T. , Sato, H. and Yui, M.(1999d): Sorption and Diffusion Behavior of Palladium in Bentonite, Granodiorite and Tuff, JNC Technical Report, JNC TN8400 99-088. (in Japanese)
- Tachi, Y. and Shibutani, T.(1999a): Sorption Behavior of Nickel on Bentonite and Rocks, JNC Technical Report(in Japanese) (in preparation)
- Tachi, Y. and Shibutani, T.(1999b): Sorption and Diffusion Behavior of Radium on Bentonite and Rocks, JNC Technical Report(in Japanese) (in preparation)
- Takebe, S. and Deying, X.(1995): Studies on Sorption Behavior of Technetium in Soils, JAERI-Research 95-024. (in Japanese)
- Taki, H. and Hata, K.(1991): Measurement Study on Distribution Coefficient and Effective Diffusion Coefficient for Some Rocks and Bentonite, PNC TJ 1214 91-010. (in Japanese)
- Tanaka, T. and Muraoka, S.(1998): Distribution Coefficients of TRU-Nuclides in Natural Barriers; Influence of Size of Colloidal Species, JAERI-Research Japan Atomic Energy Research Institute, No.98-017. (in Japanese)
- Tanaka, T. and Ohnuki, T.(1996): Colloidal Migration Behavior of Radionuclides Sorbed on Mobile Fine Soil Particles through a Sand Layer, Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.33, No.1, pp.62-68.

Tanaka, T. , Yamamoto, T. , Kato, S. and Kazama, H.(1991):Effects of Ion Composition in Ground Water on Distribution Coefficient of Radionuclide in Coastal Sandy Soil Layer, Journal of the Atomic Energy Society of Japan, Vol.33, No.4, pp.373-380. (in Japanese)

Tanaka, T. , Sriyotha, K. and Kamiyama, H.(1993):Migration Behavior and Sorption Mechanisms of Radionuclides in Sedimentary Sand Stones -Influence of Particle Size and Weathering-, JAERI-M, pp.93-109. (in Japanese)

Tanaka, T. , Yamamoto, T. and Kamiyama, H.(1995):Adsorption and Desorption Properties of Radionuclides on Source Materials Used for Ground Migration Test, Journal of the Atomic Energy Society of Japan, Vo.37, No.1, pp.51-58.

Tanaka, T. , Nagao, S. , Sakamoto, Y. , Ohnuki, T. , Ni, S. and Senoo, M.(1996): Influence of Molecular Size of Humic Acid on the Sorption of Radionuclides onto Ando Soil, Radioactive Waste Research, Vol.3, No.1, pp.41-47.(in Japanese)

Thanabalasingam, P. and Pickering, W. F.(1990):Specific Sorption of Antimony(III) by the Hydrous Oxides of Mn, Fe, and Al, Water, Air, and Soil Pollut., Vol.49, pp.175-185.

Thomas, K. W.(1987):Summary of Sorption Measurements Performed with Yucca Mountain, Nevada, Tuff Samples and Water from Well J-13, LA-10960-MS, pp.1-99.

Ticknor, K. V. , Harris, D. R. and Vandergraaf, T. T.(1988):Sorption/Desorption Studies of Selenium on Fracture-Filling MineralsI under Aerobic and Anaerobic Conditions, Technical Record TR-453 Atomic Energy of Canada Limited.

Ticknor, K. V. , Kamineni, D. C. and Vandergraaf, T. T.(1991):Flow Path Mineralogy: Its Effect on Radionuclide Retardation in the Geosphere, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.212, pp.661-668.

Ticknor, K. V.(1993):Actinide Sorption by Fracture-Infilling Minerals, Radiochimica Acta, Vol.60, pp.33-42.

- Ticknor, K. V.(1994):Sorption of Nickel on Geological Materials, *Radiochimica Acta*, Vol.66/67, pp.341-348.
- Ticknor, K. V. and McMurry, J.(1996):A Study of Selenium and Tin Sorption on Granite and Goethite, *Radiochimica Acta*, Vol.73, pp.149-156.
- Torstenfelt, B. , Andersson, K. and Allard, B.(1981):Sorption of Sr and Cs on Rocks and Minerals Part I : Sorption in Groundwater, *Prev* 4.29.
- Torstenfelt, B. , Kipatsi, H. , Andersson, K. , Allard, B. and Olofsson, U.(1982):Transport of Actinides through a Bentonite Backfill, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol.11, pp.659-668.
- Torstenfelt, B. , Rundberg, R. S. and Mitchell, A. J.(1988):Actinide Sorption on Granites and Minerals as a Function of pH and Colloids/ Pseudocolloids, *Radiochimica Acta*, Vol.44/45, pp.111-117.
- Tripathi, V. S. , Siegel, M. D. and Kooner, Z. S.(1993):Measurements of Metal Adsorption in Oxide-Clay Mixtures: Competitive-Additivity among Mixture Components, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol.294, pp.791-796.
- Tsukamoto M. , Ohe T. , Fujita T. , Hesbol R. , Hermansson H-P.(1994):Diffusion of Neptunium(V) in Loosely Compacted Sodium Bentonite, *Radiochimica Acta*, Vol.66/67, pp.397-403.
- Tsukamoto, M. , Ohe, T. , Fujita, T. , Hesbol, R. and Hermansson, H-P.(1995):Diffusion of Radionuclides in Compacted Bentonite: Results from Combined Glass Dissolution and Migration Tests, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol.353, pp.291-298.
- Ueta, S. , Kato, H. , Kurosawa, S and Nakazawa, T.(1999):Development of Database System for Performance Assessment(III), JNC TJ8400 99-032.
- Ueta, S.(1998): Development of Database System for Performance Assessment(II), JNC TJ1211 98-001.

Ulrich, H. J. and Degueudre, C.(1993):The Sorption of ^{210}Pb , ^{210}Bi and ^{210}Po on Montmorillonite: A Study with Emphasis on Reversibility Aspects and on the Radioactive Decay of Adsorbed Nuclides, *Radiochimica Acta*, Vol.62, pp.81-90.

Upor, E. and Nagy, G.(1973):On the Separation of Trace Elements by Precipitation, X: Sorption of Th^{4+} , Zr^{4+} and Hf^{4+} on $\text{Fe}(\text{OH})_3$ from Na_2CO_3 Solution, *Acta Chimica Academiae Scientiarum Hungaricae*, Vol.78, pp.47-55.

Vine, E. N., Bayhurst, B. P., Daniels, W. R., DeViliers, S. J., Erdal, B. R., Lawrence, F. O. and Wolfsberg, B. P.(1980a):Radionuclide Transport and Retardation in Tuff, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, pp.483-490.

Vine, E. N., Aguilar, R. D. K., Bayhurst, B. P., Daniels, W. R., DeViliers, S. J., Erdal, B. R., Lawrence, F. O., Maestas, S., Oliver, P. Q., Thompson, J. L. and Wolfsberg, B. P.(1980b): Sorption-Desorption Studies on Tuff: II. A Continuation of Studies with Samples from Jackass Flats, Nevada, and Initial Studies with Samples from Yucca Mountain, Nevada, Los Alamos Scientific Laboratory Report, LA-8110-MS.

Wernli, B., Bajo, C. and Bischoff, K.(1985):Bestimmung des Sorptions Koeffizienten von Uran(VI) an Grimsel-und Bottsteingranit, *EIR-Bericht Nr.543*, pp.1-60.

Wernli, B.(1981):TM-42-81-37 (From NEA-SDB).

Wold, J. and Pickering, W. F.(1981):Influence of Electrolytes on Metal Ion Sorption by Clays, *Chem. Geol.*, Vol.33, pp.91-99.

Wolfsberg, K., Bayhurst, B. P., Crowe, B. M., Daniels, W. R., Erdal, B. R., Lawrence, F. O., Norris, A. E. and Smyth, J. R.(1979):Sorption-Desorption Studies on Tuff: I. Initial Studies with Samples from the J-13 Drill Site, Jackass Flats, Nevada, Los Alamos Scientific Laboratory Report LA-7480-MS.

- Wolfsberg, K. , Aguilar, R. D. , Bayhurst, B. P. , Daniels, W. R. , DeViliers, S. J. , Erdal, B. R. , Lawrence, F. O. , Maestas, S. , Mitchell, A. J. , Oliver, P. Q. , Raybold, N. A. , Rundberg, R. S. , Thompson, J. L. and Vine, E. N.(1981): Sorption-Desorption Studies on Tuff III. A Continuation of Studies with Samples from Jackass Flats and Yucca Mountain, Nevada, Los Alamos Scientific Laboratory Report, LA-8747-MS.
- Wood, M. I. , Aden, G. D. and Lane, D. L.(1982):Evaluation of Sodium Bentonite and Crushed Basalt as Waste Package Backfill Materials, RHO-BW-ST-21 P.
- Yadava, K. P. , Tyagi, B. S. and Singh, V. N.(1991):Effect of Temperature on the Removal of Lead(II) by Adsorption on China Clay and Wollastonite, J. Chem. Technol. Biotechnol., Vol.51, pp.47-60.
- Yamagata, S. , Shimooka, K. , Senoo, M. , Araki, K. and Amano, H.(1981):Study on Distribution Coefficient for Cesium between Granite and Water, JAERI-M—9432. (in Japanese)
- Yamaguchi, T. , Pratopo, M. I. , Moriyama, H. and Higashi, K.(1991):Adsorption of Cesium and Neptunium(V) on Bentonite, Submitted to the 3rd int. Conf. on Nuclear Fuel and Waste Management, Sendai, pp.999-1004.
- Yamamoto, T. , Takebe, S. , Ogawa, H. , Tanaka, T. , Mukai, M. , Komiya, T. , Yokomoto, S. and Wadac, T.(1989):Migration Behavior of Radionuclide in Soil Layer of Final Storage Site -Radionuclide Migration Test in Aerated Soil Layer by Precipitation-, JAERI-M, No.89-189. (in Japanese)
- Yucel, H. and Ozmen, A.(1996):Sorption and Migration of ¹³⁷Cs Attached to Organic Materials of Tea in Silty Clay Soil, Radiat. Phys. Chem., Vol.47, No.1, pp.117-123.
- Zachara, J. M. and McKinley, J. P.(1993):Influence of Hydrolysis on the Sorption of Metal Cations by Smectites: Importance of Edge Coordination Reactions, Aquatic Sciences, Vol.55, No.4, pp.251-261.
- Zeng, J. and Xia, D.(1992):Sorption of Technetium on Minerals Containing Antimony, American Chemical Society, pp.299-301.

付録

- 付録-1. JNC-SDB の利用方法
- 付録-2. JNC-SDB CD ROM

1 JNC-SDB の利用方法

1) 概要

前述のように「JNC Sorption Database System」(以下 JNC-SDB)は、OECD/NEA によって取りまとめられたデータベースを参考にしつつ高レベル放射性廃棄物の地層処分安全評価での利用を考慮して、1997 年までに公開された文献データやサイクル機構で主に取得してきた還元条件下での収着データをコンパイルしたものであり、以下に示すようにパソコン上で、容易に管理、検索、図表化が行えるものである。

2) システム構成

JNC-SDB は、データベース管理システムとして、Microsoft 社の汎用データベースソフトである Access2000 を利用し、管理者用システムおよびクライアントシステムから構成される。

・サイクル機構内での利用

サイクル機構内では、ネットワークを用いてサーバーシステムに登録しているデータをクライアントシステムから直接利用することができる。

また、WEB 機能として、html 及び Visual Basic によるプログラムの作成を行い、ブラウザにより稼動するクライアントシステムも利用可能である。

・サイクル機構外での利用

サイクル機構外では、クライアントシステムの機能に全データ情報を搭載した CD-ROM を作成し、配付用公開資料としている。

3) データベースの構成

データベースの構成図を図1に示す。JNC-SDB 管理者用システムを、サーバーシステム (Windows 98) にインストールした。JNC-SDB クライアントシステム (Windows95/Windows98)は、Access2000 により作成したシステムである。また、ブラウザを利用した JNC-SDB クライアントシステムは Macintosh や Workstation 等で動作可能である。クライアントシステムは全てサーバーシステムのデータを使用している。クライアントシステムを使用するには、サーバーシステムとネットワークにより通信できることが必要となる。また図1に示されるように、JNC-SDB クライアントシステム (Windows95/Windows98)はデータ検索機能、データ export 機能、作図処理機能の3種類の機能を有する。JNC-SDB 管理者用システムは JNC-SDB クライアントシステム (Windows95/Windows98)の3種類の機能の他に、データの編集機能として、新規登録、更新、削除等の機能を有する。また、ブラウザを用いる JNC-SDB クライアントシステムは Windows/Macintosh/Workstation 等で使用することが可能あり、検索機能や Reference の参照等の補助機能を有するが、データ取り出し(data export)機能や作図

機能は制限される。なお、このデータベースの構成が機能するためには、使用するコンピュータがネットに接続されており、サーバシステムにアクセスできることが必要となるが、サイクル機構外部からJNC-SDBサーバシステムへの接続は制限されているため、上記のように全データを搭載したクライアントシステムを準備した。

4) テーブル構造

JNC-SDBのテーブル構造を図2に示す。図に示すように、JNC-SDB-TBLが主要なデータベーステーブルであり、element, redox, Solid Phase, Solid Phase Group, water type, Reference, Kd Graph Data等を入力する。ここで、○○Graph Dataはグラフ作成のために数値型として定義しなおして、それぞれの値を再入力してあるもので画面上では現れない。原則として画面上に現れる値と同じであるが、10~12のような範囲で報告されているデータについては、その中央値を、 ≥ 13 の様に上限または下限値で報告されているデータについては、その上限または下限値をグラフデータとして入力している。また、温度において室温と報告されているデータについては、23℃に統一して入力している。各項目には図2中にハッチングで示すように、element, redox, Solid Phase, Kd Graph Data等のような必修入力項目がある。

JNC-SDB-TBL

element	テキスト	6バイト
redox	テキスト	10バイト
Solid-Phase	テキスト	50バイト
Solid-Phase-Group	テキスト	30バイト
Solution/Solid	テキスト	15バイト
temp	テキスト	11バイト
water-type	テキスト	60バイト
pH int	テキスト	10バイト
pH end	テキスト	10バイト
C int	テキスト	20バイト
Contact time	テキスト	15バイト
Separation	テキスト	50バイト
Eh int	テキスト	10バイト
Eh end	テキスト	12バイト
atm/redox condition	テキスト	50バイト
Kd	テキスト	20バイト
error	テキスト	40バイト
type of information	テキスト	50バイト
Reference	テキスト	50バイト
replicates,n	テキスト	23バイト
additional/information	テキスト	1バイト
Kd Graph Data	数値型	
temp Graph Data	数値型	
pH Graph Data	数値型	
time Graph Data	数値型	
Eh Graph Data	数値型	
C init Graph Data	数値型	
L/S Graph Data	数値型	
No	オートNo型	

additional-information-TBL

No	数値型	
additional-information	メモ	65,535バイト

Solution-Solid-TBL

No	数値型	
Solution	テキスト	10バイト
Solid	テキスト	10バイト

Solution-Composition-TBL

water type	テキスト	50バイト
Reference	テキスト	50バイト
Ca	数値型	
Na	数値型	
K	数値型	
Mg	数値型	
Cl	数値型	
HCO3	数値型	
SO4	数値型	
F	数値型	
SiO2	数値型	
Fe	数値型	
NO3	数値型	
ClO4	数値型	
Doc	数値型	
Note	テキスト	65,535バイト

Reference-TBL

Reference	テキスト	50バイト
Author	テキスト	200バイト
Year	テキスト	10バイト
Title	テキスト	255バイト
Journal	テキスト	100バイト
Publisher	テキスト	150バイト
Vol	テキスト	10バイト
No	テキスト	10バイト
Page	テキスト	10バイト
Note	メモ	65,535バイト

Solid-Phase-TBL

Solid-Phase	テキスト	50バイト
Reference	テキスト	50バイト
Surface Area	テキスト	15バイト
CEC	テキスト	25バイト
Note1	メモ	65,535バイト
Note2	OLE	


 ; 必修入力項目

図2. テーブル構造

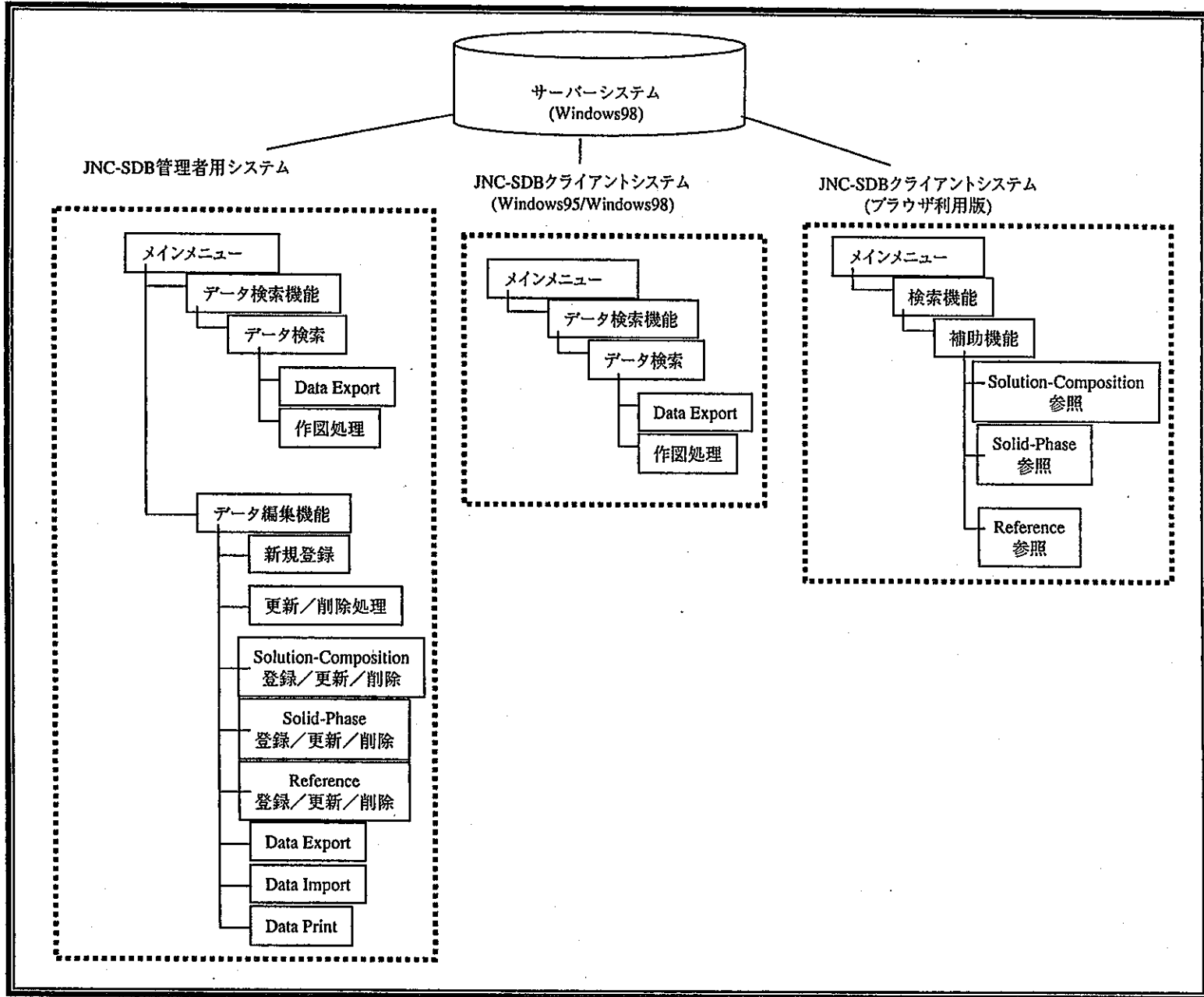


図1 データベースの構成図

5) 操作方法

「JNC Sorption Database System」のクライアントシステム(Windows95/98)についての操作方法を以下に示す。

5.1) 「JNC Sorption Database System」のクライアントシステム

JNC-SDB クライアントシステム(Windows95/Windows98)は、Access2000 により稼動し、データ検索、データ export 機能及び作図処理が可能である。JNC-SDB 管理者用システムとの違いはデータの登録/更新/削除が行えないことである。

5.2) 起動方法

JNC-SDB クライアントシステムの起動方法は、「JNC-SDB-Client」をダブルクリックすると、以下に示すメインメニュー画面が表示される。

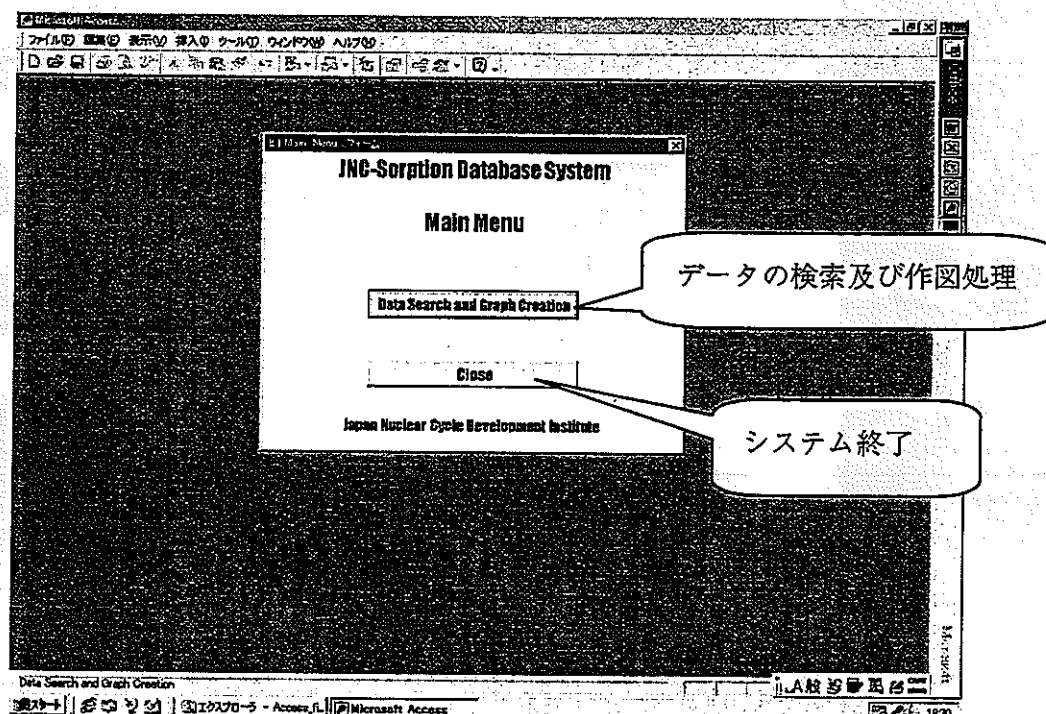


図 3. メインメニュー画面

—メインメニュー画面—

- Data Search and Graph Creation (データの検索及び作図処理を行う)
- Close (本システムの終了)

5.3) データ検索

① Data Selection 画面

メインメニューで「Data Search and Graph Creation」を選択すると、図4に示す Data Selection 画面が表示される。Data Selection 画面では、データを絞り込むための指定を行う。ここでの検索方法は、各項目ごとに OR(論理和)検索となり、各項目間では AND(論理積)検索となる。絞り込みに使用できる検索要因は以下に示す13項目となる。

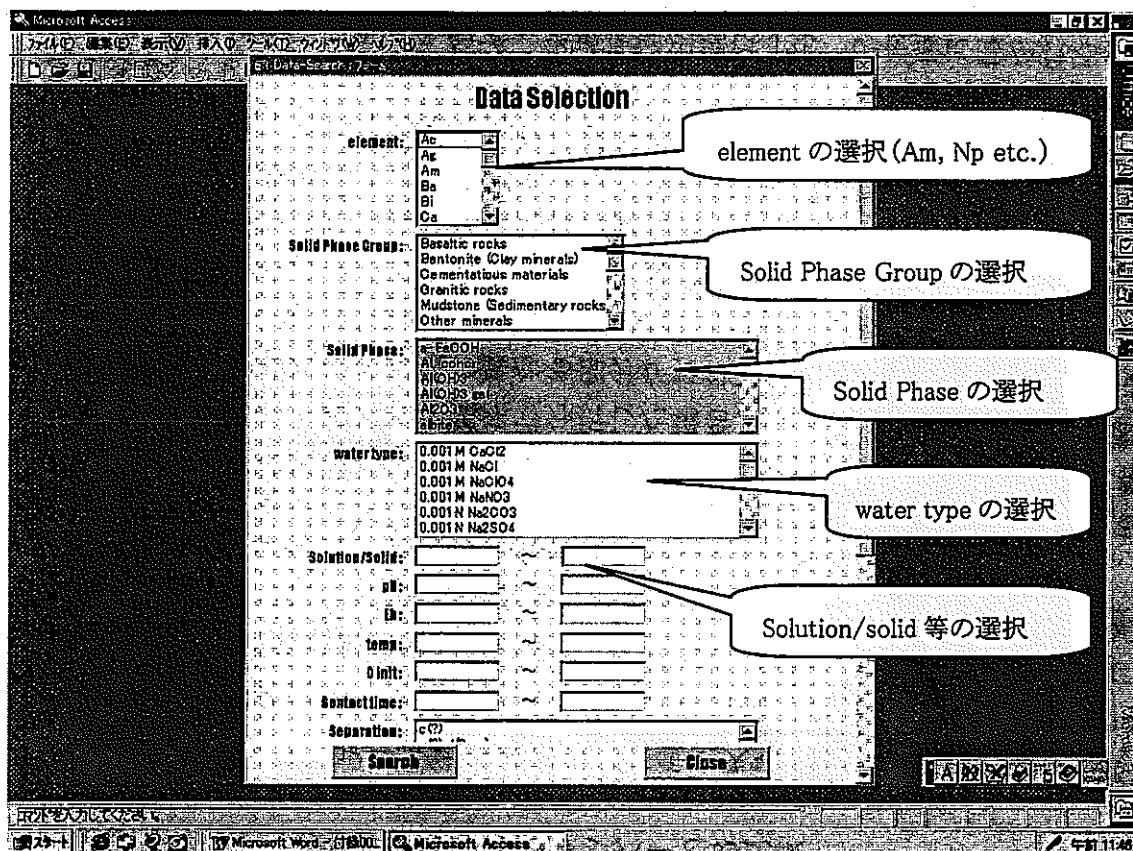


図 4. データセレクション(Data Selection)画面

• element

データテーブル中で使用されている全ての element がリスト表示される。検索に使用する element をマウスにより選択する。選択は複数選択が可能である。複数選択した場合には、OR(論理和)検索となる。element を選択した際には、他の選択要因に対して、選択した element により絞り込みが行われる。従って選択した element に関する情報のみが表示される。但し Solid Phase Group と Reference に関しては、それぞれが先に選択されていた場合、その条件内で絞り込みを行う。

現時点で、element としては、Ac, Ag, Am, Ba, Bi, Ca, Ce, Cl, Cm, Co, Cs, Eu, Fe, I,

Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, Np, Pa, Pb, Pd, Po, Pu, Ra, Ru, Sb, Se, Sm, Sn, Sr, Tc, Th, U, Zr が登録されている。

・ **Solid Phase Group**

データテーブル中で使用されている全ての Solid Phase Group がリスト表示される。Solid Phase は Solid Phase Group が選択されるまでは、非アクティブ状態となり、選択された Solid Phase Group に関する Solid Phase のみが表示される。element の場合と同じように、選択は複数選択が可能である。複数選択した場合には、OR(論理和)検索となる。Solid Phase Group を選択した際には、他の選択要因に対して、選択した Solid Phase Group により絞り込みが行われる。従って選択した Solid Phase Group に関する情報のみが表示される。但し element と Reference に関しては、それぞれが先に選択されていた場合、その条件内で絞り込みを行う。

Solid Phase Group は、固相選択の利用性を考慮して、全ての Solid Phase を次の 8 つに分類分けを行ったものである; Basaltic rocks, Bentonite (Clay minerals), Cementitious materials, Granitic rocks, Mudstone (Sedimentary rocks), Other minerals, Sandstone, Tuff。なお、岩石の分類については、第 2 次取りまとめで考慮した岩石の分類(澁谷他, 1999)と対応している。それぞれの Solid Phase Group を選択した場合は以下のような solid phase が登録されている。また、省略記号で記載されている固相の詳細については、データベース中の固相詳細情報を参照されたい。

・ **Solid Phase Group; Basaltic rocks**

basalt, andesite, diabase, gabbro 等

・ **Solid Phase Group; Bentonite (Clay minerals)**

bentonite, Ca-illite, illite, illite/kaolinite, illite/smectite, illite/quartz, kaolinite, Kunigel V1, Kunipia F, montmorillonite, Na-hectorite, Na-illite, Na-smectite, nontronite, sepiolite, smectite, vermiculite 等

・ **Solid Phase Group; Cementitious materials**

Austro Deponal F, CEM_ALB, CEM_FAB, CEM_FPB, CEM_SIB, CEM_SPB, CEM_SRB, cement, CEMENT_MB, concrete, CONCRETE1, CONCRETE2, CONCRETE3, FA concrete, FP concrete, M concrete, M paste, PI concrete, PII concrete, SI concrete, SP concrete, SP paste, SR concrete, T concrete 等

・ **Solid Phase Group; Granitic rocks**

diorite1, gneiss, granite, granodiorite, mylonite, tonalite 等

• **Solid Phase Group; Mudstone(Sedimentary rocks)**

argillite, loam, marl, mudrock, shale 等

• **Solid Phase Group; Other minerals**

α -FeOOH, Al(OH)₃, Al₂O₃, albite, allophane, almandine, almina gel, AlOOH, aluminum oxide, amorphous Mn and Fe, anhydrite, anorthite, antimonite, apatite, augite, beryl, biotite, bytownite, calcite, calcite/quartz, chalcopyrite, chlorite, cinnabar, clinoptilolite, colloid, corundum, Cu(OH)₂, d-MnO₂, dolomite, enstatite, epidote, Fe(OH)₃, FeO(OH), FeOOH, ferrihydrite, fluorite, forsterite, gibbsite, goethite, grossularite, gypsum, halloysite, hedenbergite, hematite, hornblende, jamesonite, kermesite, K-feldspar, laumontite, lignite, limestone, limonite, magnetite, marble(calcite), M-cinabar, microcline, MnO₂, MnOOH, monazite, muscovite, oligoclase, olivine, opal, organic material, Pb(OH)₂, phlogopite, plagioclase, Plagiorhyolite, pyrite, pyroxene, quartz, serpentinite, silica, silica gel, sphene 等

• **Solid Phase Group; sandstone**

chert, gravel, sand, sand/bentonite, sandy sediments, sandy soil 等

• **Solid Phase Group; tuff**

様々な地域の tuff が登録されている。

• **Water type**

データテーブル中で使用されている全ての water type がリスト表示される。検索に使用する water type をマウスにより選択する。選択は複数選択が可能である。複数の water type を選択した際には、OR (論理和) 検索となる。

0.01M CaCl₂, 0.01M NaCl, 0.01N Na₂CO₃, 0.01N NaCl, 0.01M NaHCO₃, porewater, cement solution, deionized water, natural sea water, natural groundwater, synthetic groundwater 等が入力されている。文献中で溶液についての記述がないものには n.r. と記載した。また、同じ溶液名でも組成が異なる場合は#に数字を加えて異なる溶液であることを示している。

• **Solution/Solid(L/S)**

検索に使用する Solution/Solid(液固比)の最小値及び最大値を入力する。最小値を入力し、最大値を入力せずに検索処理を行った際にはエラーが表示される。最大値のみを入力した場合は、全てのデータを検索する。その為に、最小値および最大値の両方の入力が必要である。従って、～以下および～以上の検索を行う場合は極端に

大きな値や小さな値を入力する。入力は整数値及び実数共に可能である。入力値の単位は ml/g である。

・ pH

検索に使用する pH の最小値及び最大値を入力する。最小値を入力し、最大値を入力せずに検索処理を行った際にはエラーが表示される。入力は整数値及び実数値共に可能である。

・ Eh

検索に使用する酸化還元電位(Eh)の最小値及び最大値を入力する。最小値を入力し、最大値を入力せずに検索処理を行った際にはエラーが表示される。最大値のみを入力した場合は、全てのデータを検索する。その為に、最小値および最大値の両方の入力が必要である。入力は整数値及び実数共に可能である。単位は mV であり、-200mV~-50mV のように入力されている。

・ temp

検索に使用する温度の最小値及び最大値を入力する。最小値を入力し、最大値を入力せずに検索処理を行った際にはエラーが表示される。最大値のみを入力した場合は、全てのデータを検索する。その為に、最小値および最大値の両方の入力が必要である。入力は整数値及び実数共に可能である。単位は℃である。

・ Cint

検索に使用する対象元素の初期濃度の最小値及び最大値を入力する。最小値を入力し、最大値を入力せずに検索処理を行った際にはエラーが表示される。最大値のみを入力した場合は、全てのデータを検索する。その為に、最小値および最大値の両方の入力が必要である。入力は整数値及び実数共に可能である。なお、指数形の表示も有効である。単位は mol/l である。

・ Separation

データテーブル中で使用されている全ての separation condition がリスト表示される。検索に使用する Separation をマウスにより選択する。選択は複数選択が可能である、複数の Separation を選択した場合は、OR (論理輪) 検索となる。Separation としては、収着データの取得試験に供する固相の分離方法を表している。カラム中の“c”は遠心分離 (centrifugation) を表し、括弧内の数字は遠心分離機の回転速度 (1,000rpm, 10,000rpm 等) および回転時間を表している。また、カラム中の“f”はろ過 (filtration) あるいは限外ろ過 (ultrafiltration) を表し、括弧内の数字はフィルタや限外ろ過のフィルタ

ーサイズ(0.025 μ m, 10,000MWCO 等)を表している。

• Reference

データテーブル中で使用されている全ての Reference がリスト表示される。検索に使用する Reference をマウスにより選択する。選択は複数選択が可能である。複数の Reference を選択した際には、OR(論理和)検索となる。element および Solid Phase Group の場合と同じように、Reference を選択した際には、他の選択要因に対して、選択した Reference により絞り込みが行われる。従って選択した Reference に関する情報のみが表示される。但し element と Solid Phase Group に関しては、それぞれが先に選択されていた場合、その条件内で絞り込みを行う。

②Search Result 画面

表 1-1~1-3 に element として Am を選択した場合の検索結果の一覧表を示す。表の横方向に示したように、各データの実験条件に関する項目を入力している。項目は全部で21項目 element, redox, Solid Phase, L/S(mL/g), temp($^{\circ}$ C), water type, pH init, pH end, C int(M), contact time(d), Separation, Eh init(mV), Eh end(mV), atm/redox condition, Kd(m³/kg), error, type of information, References, replicates n, additional information, Solid Phase Group が表示される。

表中で n.r.は記録が論文中に記載されていないことを示す。また表中で、Solid Phase, Solid/Solution, water type, Reference, additional information の5項目については、対応するデータセルをダブルクリックすることにより、より詳細な情報が以下に示すように得られる。

表 1-1. 検索結果(Search Results)

Element	Redox	Solid Phase	L/S(mL/g)	temp($^{\circ}$ C)	water type	pH init	pH end	C int(M)	temp($^{\circ}$ C)	atm/redox condition	Kd(m ³ /kg)	error	type of information	References	replicates n	additional information	Solid Phase Group
Am	nr	Besatzf	10	nr	groundwater	8	nr	1.50E-08	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Am	nr	Besatzf	10	nr	groundwater	8	nr	2.31E-08	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Am	nr	Besatzf	10	nr	groundwater	8	nr	1.85E-08	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Am	nr	Besatzf	10	nr	groundwater	8	nr	1.85E-08	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Am	nr	Besatzf	10	nr	groundwater	8	nr	2.31E-08	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr

element, redox, Solid Phase, L/S(mL/g), temp($^{\circ}$ C), water type, pH int, pH end, C int(M)

表 1-2. 検索結果(Search Results)

Contact time(d)	Separation	Eh init(mV)	Eh end(mV)	atm/redox condition	Kd(m³/kg)	error
59	nr.	nr.	nr.	nr.	2.47E-01	1.56E-0 K
58	nr.	nr.	nr.	nr.	3.60E-02	2.00E-0 K
56	nr.	nr.	nr.	nr.	2.78E-01	6.80E-0 K
14	nr.	nr.	nr.	nr.	1.16E+01	4.70E-0 K
107	nr.	nr.	nr.	nr.	3.41E-01	1.16E-0 K
24	nr.	nr.	nr.	nr.	2.32E-01	5.90E-0 K
4	nr.	nr.	nr.	nr.	1.85E-01	nr.
45	nr.	nr.	nr.	nr.	1.51E-01	nr.
38	nr.	nr.	nr.	nr.	1.44E-01	nr.
18	nr.	nr.	nr.	nr.	1.35E-01	nr.
15	nr.	nr.	nr.	nr.	1.33E-01	nr.
31	nr.	nr.	nr.	nr.	1.47E-01	nr.
35	(0.3 μm)	255	nr.	nr.	2.65E-01	nr.
14	(0.3 μm)	272	nr.	nr.	2.20E+01	1.40E+0 K
35	(0.3 μm)	272	nr.	nr.	8.85E-01	nr.
35	(0.3 μm)	272	nr.	nr.	7.29E+01	nr.
14	(0.3 μm)	272	nr.	nr.	6.40E+01	4.40E-0 K
35	(0.3 μm)	nr.	nr.	nr.	3.24E+00	nr.
35	(0.3 μm)	255	nr.	nr.	5.82E+01	nr.
14	(0.3 μm)	255	nr.	nr.	2.70E-01	1.20E+0 K
35	(0.3 μm)	255	nr.	nr.	1.80E-01	nr.
35	(0.3 μm)	255	nr.	nr.	7.05E+00	nr.

表 1-3. 検索結果(Search Results)

type of information	Reference	replicates	n	additional information	Solid Phase Group
Kd(m³/kg)	Ames et al(1981)	nr.	n		Basaltic rocks
Kd(m³/kg)	Ames et al(1981)	nr.	n		Basaltic rocks
Kd(m³/kg)	Ames et al(1981)	nr.	n		Basaltic rocks
Kd(m³/kg)	Barney and Anderson(1979)	nr.	n		Basaltic rocks
Kd(m³/kg)	Barney and Anderson(1979)	nr.	n		Basaltic rocks
Kd(m³/kg)	Barney and Anderson(1979)	nr.	n		Basaltic rocks
Kd(m³/kg)	Barney and Anderson(1979)	nr.	n		Basaltic rocks
Kd(m³/kg)	Barney and Anderson(1979)	nr.	n		Basaltic rocks
Kd(m³/kg)	Barney and Anderson(1979)	nr.	n		Basaltic rocks
Kd(m³/kg)	Barney and Anderson(1979)	nr.	n		Basaltic rocks
Kd(m³/kg)	Barney and Anderson(1979)	nr.	n		Basaltic rocks
Kd(m³/kg)	Barney and Anderson(1979)	nr.	n		Basaltic rocks
Kd(m³/kg)	Barney and Anderson(1979)	nr.	n		Basaltic rocks
Kd(m³/kg)	Barney and Anderson(1979)	nr.	n		Basaltic rocks
Kd(m³/kg)	Barney and Anderson(1979)	nr.	n		Basaltic rocks

③ Search Result 画面の中でダブルクリックにより詳細データを見ることのできる項目

・ Solid Phase

Search Result 画面上で、参照したい各データの Solid Phase をマウスによりダブルクリックすることにより以下のような詳細データを見ることができる。

Note 2 は、Excel の張り込みである。表示ウィンドウからはみ出ている時は Note 2 の部分をダブルクリックすると Excel が立ち上がり Excel シートの全体を見ることができる。

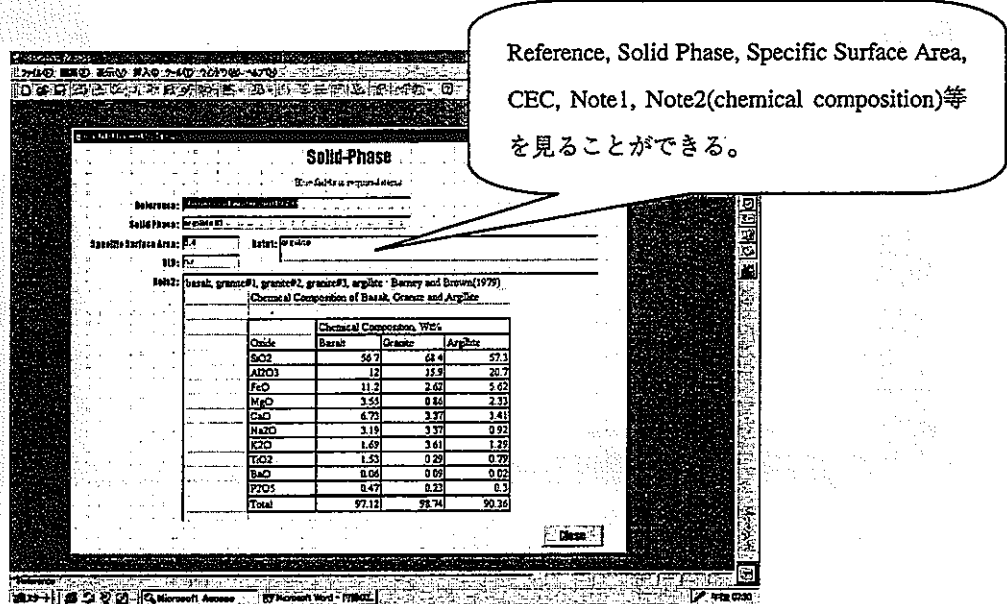


図 5. 各データの Solid Phase の詳細情報を示す図

・ Solid/Solution

Search Result 画面上で、参照したい各データの Solid/Solution をマウスによりダブルクリックすることにより、以下のような詳細なデータを見ることができる。solution の単位は ml で、solid の単位は g である。

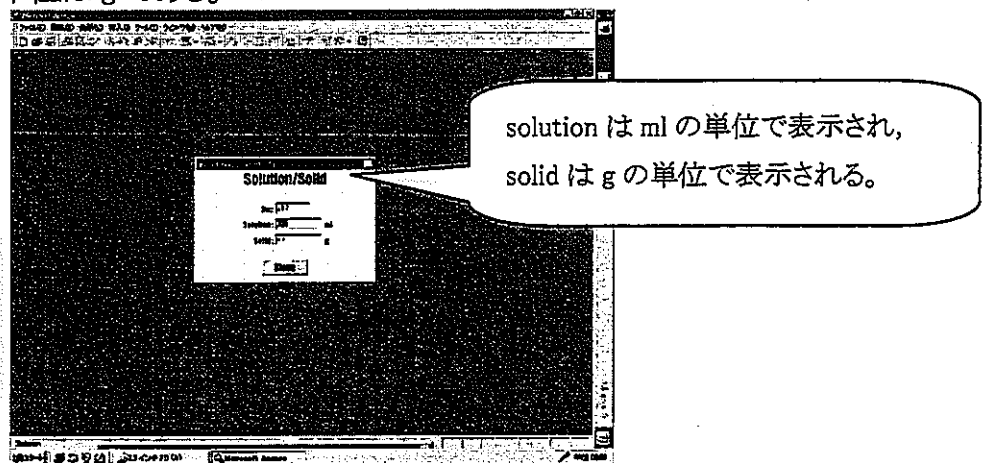


図 6. 各データの solution/solid の詳細情報を示す図

・water type

Search Result 画面上で、参照したい各データの water type をマウスによりダブルクリックすることにより以下のような Solution Composition を見ることができる。

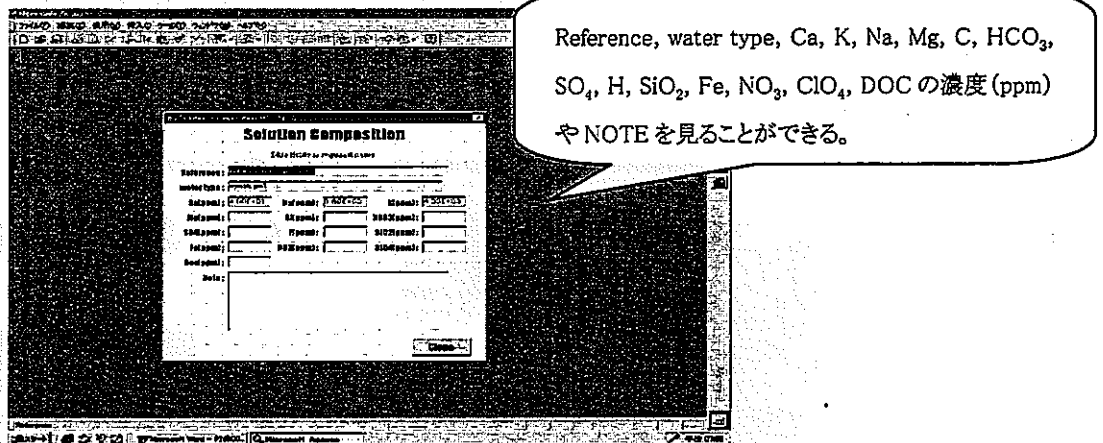


図 7. 各データの solution composition の詳細情報を示す図

・ Reference

Search Result 画面上で、参照したい Reference をマウスによりダブルクリックすることにより以下のような Reference の詳細情報を見ることができる。Reference の件数は現状 271 件登録されている。

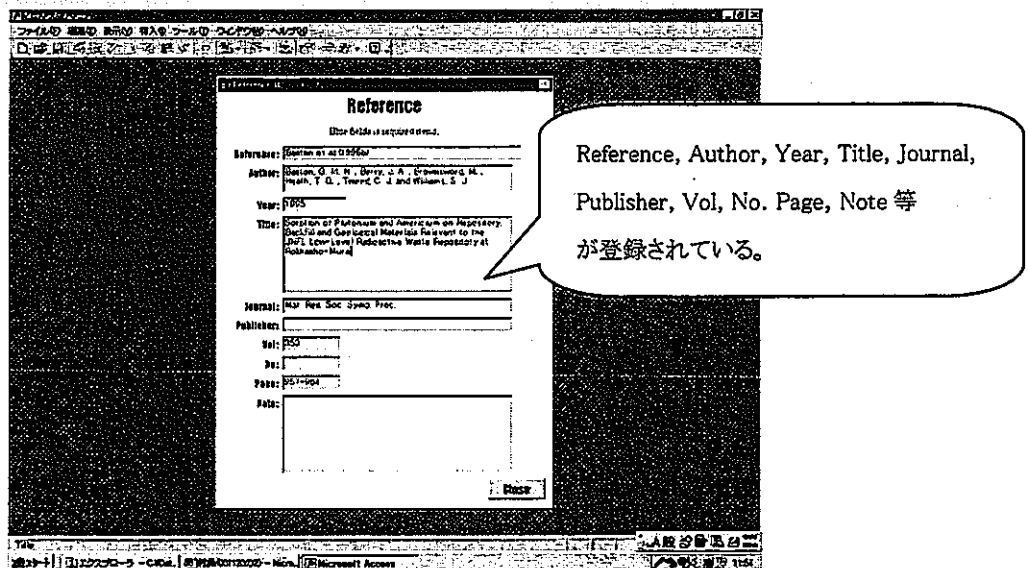


図 8. 各データの Reference の詳細情報を示す図

・ Additional information

Search Result 画面上で、参照したい additional information をマウスによりダブルクリックすることにより以下のような Reference を見ることができる。但し、[n]が入力されているセルに関しては、データが登録されていない。[y]の場合には、以下に示す additional information 画面が表示される。

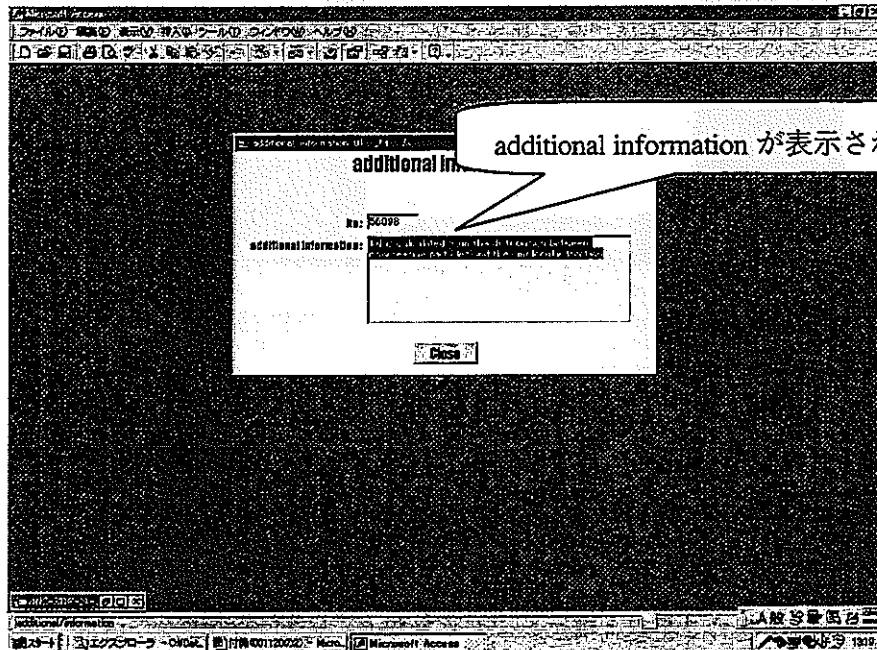


図 9. 各データの additional information の詳細情報を示す図

④Data Export

表1で示した Search Result について Excel 形式でデータを取り出すことが可能である。Search Result 画面上で Data Export を選択することにより以下の Data Export 画面が表示される。Data Export 画面では、フォルダを指定し、保存ボタンを選択すると検索結果が Excel 形式で保存される。

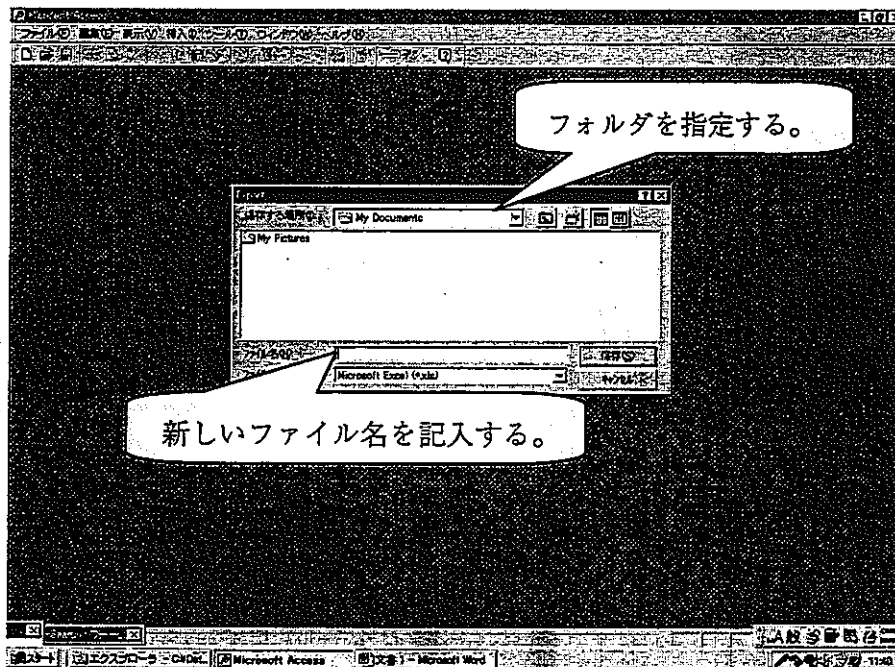


図 10. Data Export 画面

また、表 2 に Am を element として選択した場合の Data Export(Excel)形式の例を示した。保存される項目は表1の Search Result 画面で表示される 21 項目の他、water type の詳細情報の 13 項目、solid phase の詳細情報の 2 項目、Reference の詳細情報の 8 項目である。したがって、使用者側で、Excel 形式での図表化等も可能である。

表2. Amをelementとして選択した場合のData Export(Excel形式) の例

Research 画面の 21 項目に対応

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
element	redox	Solid Phase	id Phase Gr	Solution/Solid	temp	water type	pH Init	pH end	C Init	Contact time	Separation	Eh Init	Eh end	atm/redox condition	Kd	error	type of Information	Reference	replicates (n)	additional information
Am		PO concr	ntalious ma	50	n.r.	synth.pw1	n.r.	<13.4	n.r.	90	centrifugatio	n.r.	n.r.	nitrogen	2.90E+01	2.11E+01	log Kd(m3/kg)	Albinsson et al.(1993)		n
Am		FP concr	ntalious ma	50	n.r.	Ca(OH)2	n.r.	n.r.	n.r.	90	centrifugatio	n.r.	n.r.	nitrogen	2.78E+01	1.20E+01	log Kd(m3/kg)	Albinsson et al.(1993)		n
Am		T concr	ntalious ma	50	n.r.	synth.pw1	n.r.	<13.4	n.r.	90	centrifugatio	n.r.	n.r.	nitrogen	2.78E+00	1.20E+00	log Kd(m3/kg)	Albinsson et al.(1993)		n
Am		SP concr	ntalious ma	50	n.r.	synth.pw1	n.r.	<13.4	n.r.	90	centrifugatio	n.r.	n.r.	nitrogen	8.15E+00	1.85E+00	log Kd(m3/kg)	Albinsson et al.(1993)		n
Am		SR concr	ntalious ma	50	n.r.	synth.pw2	n.r.	12.7	n.r.	90	centrifugatio	n.r.	n.r.	nitrogen	1.25E+01	7.47E+00	log Kd(m3/kg)	Albinsson et al.(1993)		n
Am		PI concr	ntalious ma	50	n.r.	synth.pw1	n.r.	<13.4	n.r.	90	centrifugatio	n.r.	n.r.	nitrogen	1.25E+01	7.47E+00	log Kd(m3/kg)	Albinsson et al.(1993)		n
Am		FP concr	ntalious ma	50	n.r.	synth.pw1	n.r.	<13.4	n.r.	90	centrifugatio	n.r.	n.r.	nitrogen	1.76E+01	7.56E+00	log Kd(m3/kg)	Albinsson et al.(1993)		n
Am		M paste	ntalious ma	50	n.r.	synth.pw4	n.r.	13.2	n.r.	90	centrifugatio	n.r.	n.r.	nitrogen	3.14E+01	1.88E+01	log Kd(m3/kg)	Albinsson et al.(1993)		n
Am		FP concr	ntalious ma	50	n.r.	synth.pw1	n.r.	<13.4	n.r.	90	centrifugatio	n.r.	n.r.	nitrogen	4.41E+01	1.90E+01	log Kd(m3/kg)	Albinsson et al.(1993)		n
Am		FP concr	ntalious ma	50	n.r.	synth.pw1	n.r.	<13.4	n.r.	90	centrifugatio	n.r.	n.r.	nitrogen	4.09E+01	9.25E+00	log Kd(m3/kg)	Albinsson et al.(1993)		n
Am		AL concr	ntalious ma	50	n.r.	synth.pw1	n.r.	<13.4	n.r.	90	centrifugatio	n.r.	n.r.	nitrogen	6.99E+00	3.01E+00	log Kd(m3/kg)	Albinsson et al.(1993)		n

Water type 項目の詳細 13 項目に対応

Solid phase 項目の詳細 2 項目に対応

Reference 項目の詳細 8 項目に対応

22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Ca	Na	K	Mg	Cl	HCO3	SO4	F	SiO2	Fe	NO3	ClO4	Doc	Specific Surface Area	CEC	Autfor	Year	Title	Journal	Publisher	Vol	No	Page
40	1600	6300											n.r.	6.1	on, K., Boer	1993	uclides in Concrete /	SKB-TR-93-29				all page
40	1600	6300											n.r.	6.1	on, K., Boer	1993	uclides in Concrete /	SKB-TR-93-29				all page
40	1600	6300											n.r.	6.1	on, K., Boer	1993	uclides in Concrete /	SKB-TR-93-29				all page
320	460	630											n.r.	6.1	on, K., Boer	1993	uclides in Concrete /	SKB-TR-93-29				all page
40	1600	6300											n.r.	6.1	on, K., Boer	1993	uclides in Concrete /	SKB-TR-93-29				all page
40	1600	6300											n.r.	6.1	on, K., Boer	1993	uclides in Concrete /	SKB-TR-93-29				all page
10	7000	12000				400		15					n.r.	6.1	on, K., Boer	1993	uclides in Concrete /	SKB-TR-93-29				all page
40	1600	6300											n.r.	6.1	on, K., Boer	1993	uclides in Concrete /	SKB-TR-93-29				all page
40	1600	6300											n.r.	6.1	on, K., Boer	1993	uclides in Concrete /	SKB-TR-93-29				all page
40	1600	6300											n.r.	6.1	on, K., Boer	1993	uclides in Concrete /	SKB-TR-93-29				all page

備考)

- データの各項目のうちNo.1.~No.21まではResearch画面の21項目に対応する。またNo.21~No.36廃棄体watertypeの各項目に、No.37~No.44はReferenceの各項目に対応する。
- 表中の各項目の説明は本文中の5.3)データ検索の章を参照されたい。

⑤作図処理

作図処理は、検索結果のデータを使用して行う。5.3)によりデータの検索を行い、検索結果が表示された Search Result 画面で Create Graph ボタンを選択する。以下に示す Select Graph Style 画面が表示される。

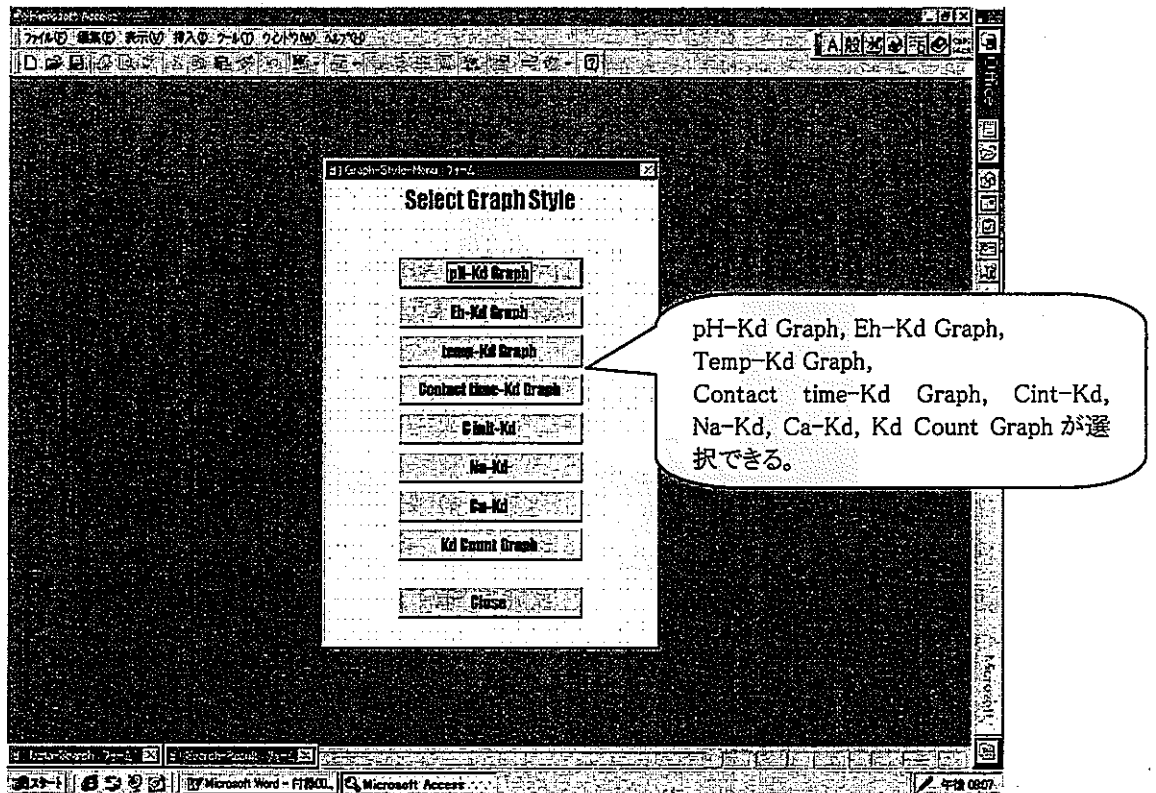


図 11. Select Graph Style 画面

作図可能なグラフは、上記メニューの示す8種類 (pH-Kd Graph, Eh-Kd Graph, Temp-Kd Graph, Contact time-Kd Graph, Cint-Kd Graph, Na-Kd Graph, Ca-Kd Graph, Kd- Count Graph)となる。それぞれのグラフの説明を以下に記す。またこれらのグラフの横軸、縦軸の目盛は、表示されるデータに応じて自動的に表示される。またそれぞれのグラフ表示で Print ボタンを選択すると、表示されているグラフがプリンターから出力される。

・ pH-Kd Graph

検索結果より, pH Graph Data 及び Kd Graph Data を使用して散布図を作成する。横軸に pH, 縦軸に Kd を対数により表示する。pH Graph Data が 0 の場合は作図処理には使用されない。

以下に Am を element として選択した pH-Kd Graph の例を示す。

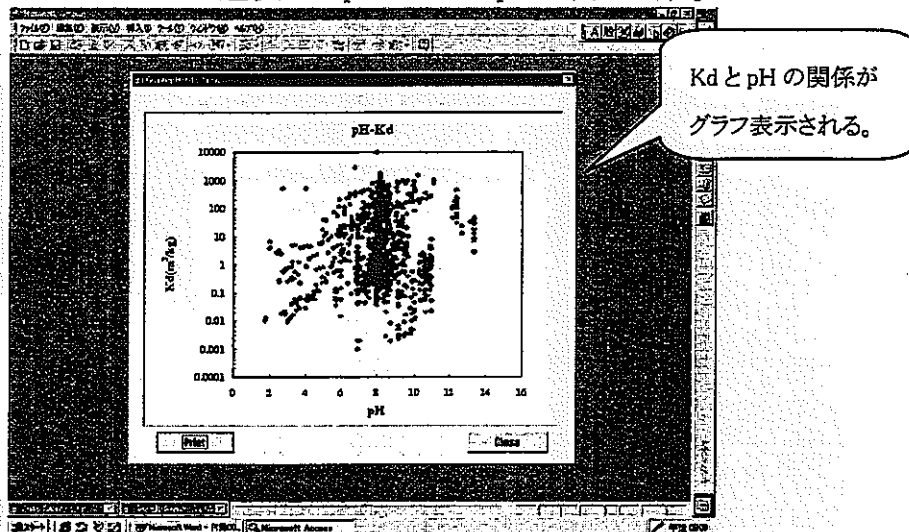


図 12. Am を elemnt として選択した場合の Kd と pH

・ Eh-Kd Graph

検索結果より, Eh Graph Data 及び Kd Graph Data を使用して散布図を作成する。横軸に酸化還元電位(Eh), 縦軸に Kd を対数により表示する。Eh Graph Data が 0 の場合は作図処理には使用されない。

以下に Am を element として選択した Eh-Kd Graph の例を示す。

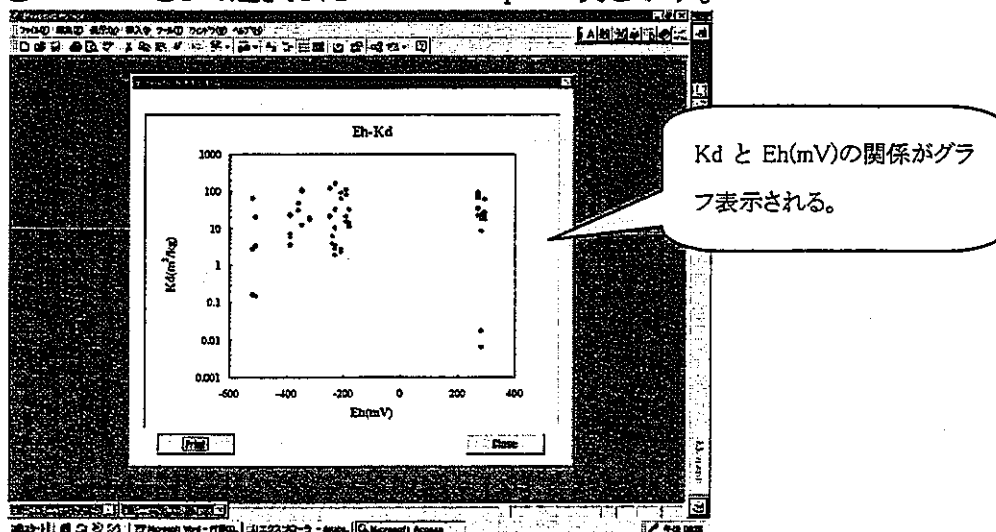


図 13. Am を elemnt として選択した場合の Kd と Eh

・ temp-Kd Graph

検索結果より, temp Graph Data 及び Kd Graph Data を使用して散布図を作成する。横軸に温度(temp.),縦軸に Kd を対数により表示する。Temp Graph Data が 0 の場合は作図処理には使用されない。

以下に Am を element として選択した temp.-Kd Graph の例を示す。

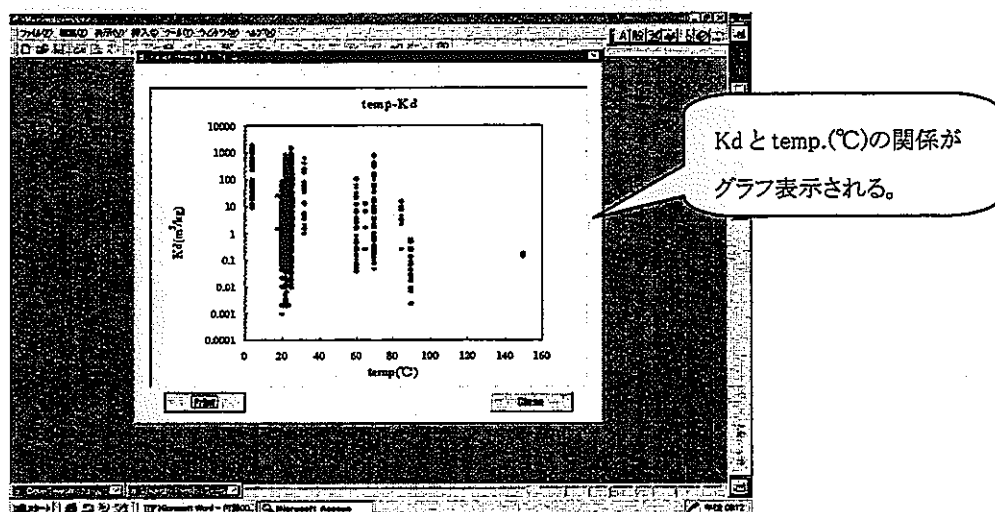


図 14. Am を elemnt として選択した場合の Kd と temp.

・ Contact time-Kd Graph

検索結果より, time Graph Data 及び Kd Graph Data を使用して散布図を作成する。横軸に試験期間(Contact time),縦軸に Kd を対数により表示する。time Graph Data が 0 の場合は作図処理には使用されない。

以下に Am を element として選択した Contact time-Kd Graph の例を示す。

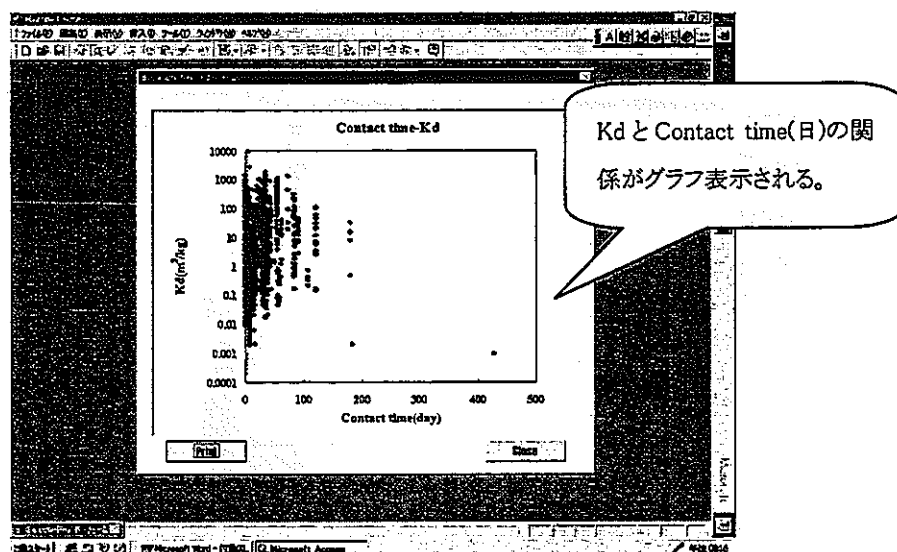


図 15. Am を elemnt として選択した場合の Kd と contact time

・ C init-Kd Graph

検索結果より, C init Graph Data 及び Kd Graph Data を使用して散布図を作成する。横軸に収着する対象元素の初期濃度(C init),縦軸に Kd を対数により表示する。C init Graph Data が 0 の場合は作図処理には使用されない。

以下に Am を element として選択した Cinit と Kd-Graph の例を示す。

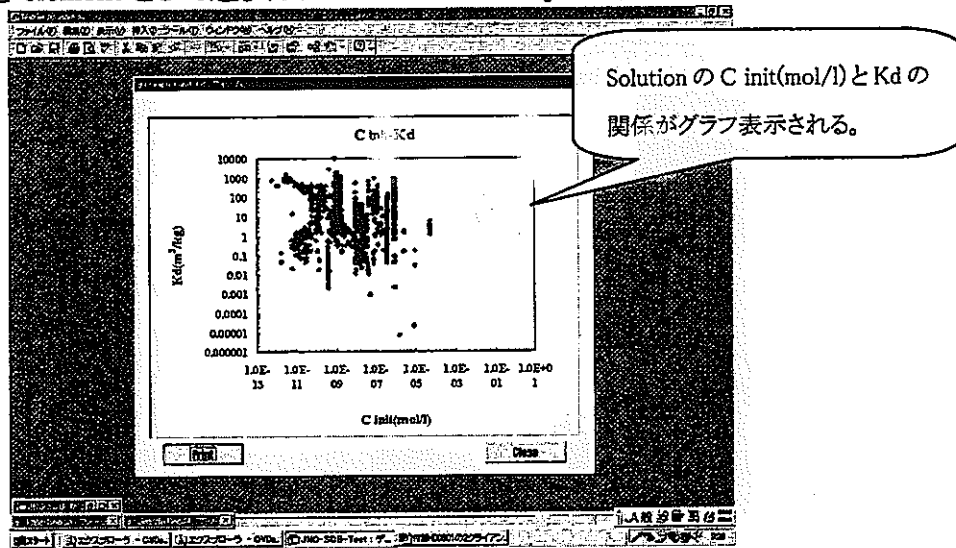


図 16. Am を element として選択した場合の Kd と C init

・ Na-Kd Graph

検索結果より, Na 濃度及び Kd Graph Data を使用して散布図を作成する。横軸に溶液中の初期 Na 濃度,縦軸に Kd を対数により表示する。Na 濃度が Null 値(データがないか, またはデータが不明であるフィールドの状態を示す値)の場合は作図処理には使用されない。

以下に Am を element として選択した Na と Kd-Graph の例を示す。

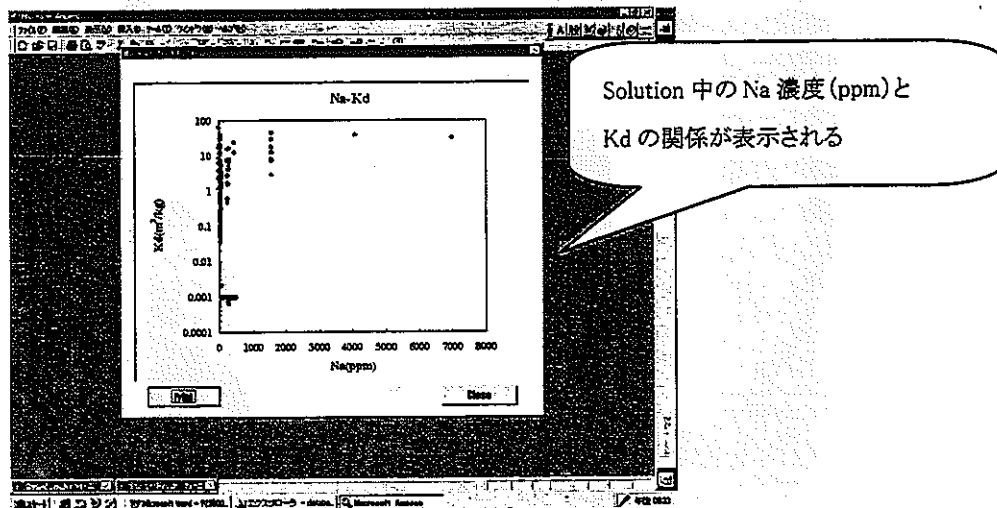


図 17. Am を element として選択した場合の Kd と Na 濃度

・ Ca-Kd Graph

検索結果より, Ca 濃度及び Kd Graph Data を使用して散布図を作成する。横軸に溶液中の初期 Ca 濃度, 縦軸に Kd を対数により表示する。Ca 濃度が Null 値の場合は作図処理には使用されない。

以下に Am を element として選択した Ca-Kd Graph の例を示す。

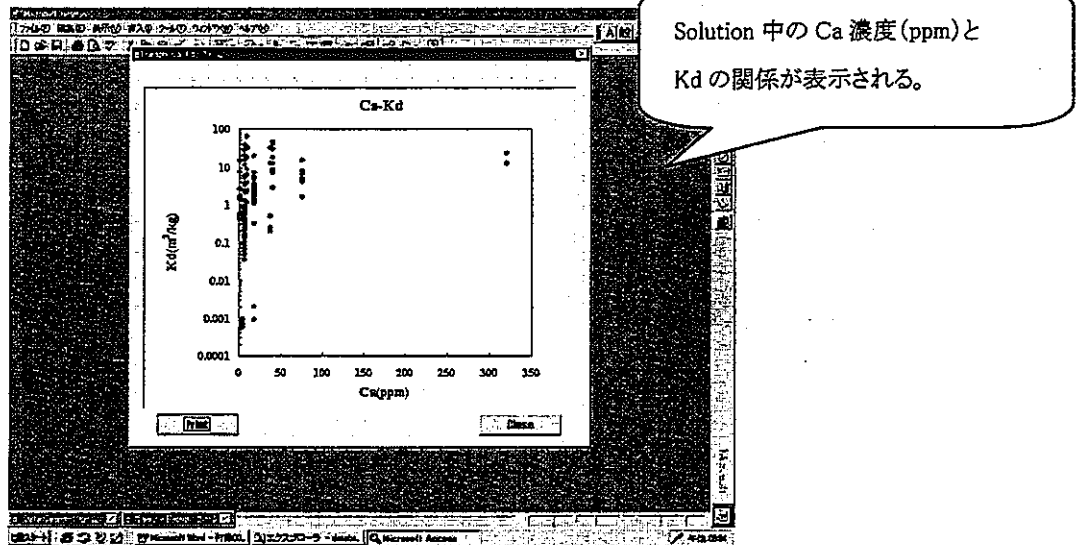


図 18. Am を elemnt として選択した場合の Kd と Ca 濃度

・ Kd Count Graph

検索結果より, Kd Graph Data を使用してヒストグラムを作成する。ヒストグラムの幅(横軸)は対数で 1 刻み($10^n \sim 10^{n+1}$)で固定されており, 縦軸には, その範囲の Kd の件数(カウント数)を表示する。

以下に Am を element として選択した Kd Count Graph の例を示す。

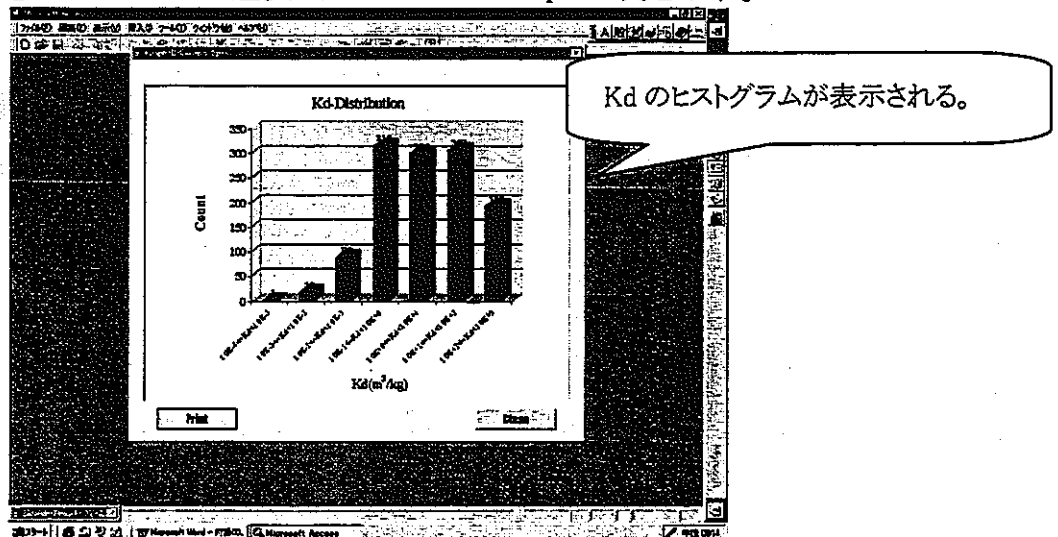


図 19. Am を elemnt として選択した場合の Kd のヒストグラム

2 JNC-SDB CD ROM

JNC-SDB database system のインストールにあつては、以下の環境が必要です。

■ 日本語オペレーティングシステム

Microsoft Windows95(Internet Explorer 4.01 Service Pack 1 以上が必要。
Internet Explorer 5.01 以上を推奨)

または、Microsoft Windows98 以上(Internet Explorer 5.01 以上を推奨)

または、Microsoft Windows NT Workstation 4.0 Service Pack 3 以上(Internet
Explorer 4.01 Service Pack 1 以上が必要。Internet Explorer 5.01 以上を推奨)

または、Microsoft Windows 2000 Professional 以上

■ コンピュータ本体

Pentium 75MHz 以上のプロセッサを搭載したパーソナルコンピュータ

■ メモリ

Windows95, Windows98 以上の場合

オペレーティングシステム用として 16MB 以上のメモリに加え、Access 用に 8MB
以上が必要

Windows NT Workstation 4.0 Service Pack 3 以上の場合

オペレーティングシステム用として 32MB 以上のメモリに加え、Access 用に 8MB
以上が必要

Windows 2000 Professional 以上の場合

オペレーティングシステム用として 32MB 以上のメモリに加え、Access 用に 8MB
以上が必要

■ ディスプレイ

VGA 以上の高解像度ディスプレイ(本システムには 1024×768 が必要)

システムのインストールにあつては、はじめに『はじめにお読み下さい』ファイル
(HTML 形式)を必ずお読み下さい。

なお、本収着データベースの作成にあつては、十分な注意を払ってデータの抽出および入力を行っておりますが、完全なものであるとは保証できません。したがって、本データベースを用いて行った作業結果に対して、サイクル機構および著作者は責任を負いかねますのでご了承下さい。

また、データベースの御利用に際し、システムの不具合、データのエラー、その他お気

付きの点, 御意見御要望等ございましたら, 下記 e-mail アドレスまで御連絡下さい。

e-mail アドレス tdbsdb@tokai.jnc.go.jp