

铝在钠蒙脱土上的吸附研究*

潘竞军 杨冠英 韩布兴 闫海科**

(中国科学院化学研究所, 北京 100080)

摘要 在293.15—338.15K范围内, 溶液初始pH值为2、3和4条件下, 用静态法系统地研究了铝在钠蒙脱土的吸附等温线及pH值、温度对吸附反应的影响。吸附等温线可用Langmuir模型描述, 吸附在粘土表面的铝除 Al^{3+} 形式外, 还有水解产物形式(羟基铝)。根据pH变化估算了反应过程中, 粘土边缘吸附的 H^+ , 吸附于粘土表面 Al^{3+} 的水解所束缚的 OH^- 和表面水解度。对三价离子与粘土的相互作用机理及pH对吸附的影响进行了研究。

关键词 铝, 蒙脱土, 吸附, 表面水解

中图分类号 S153

粘土与无机离子的相互作用是粘土的基本特性之一, 也是粘土的应用和改性的重要内容, 直接涉及土壤改良、石油开采、环境治理、资源开发以及石油化工、造纸等许多领域。然而, 粘土与无机物的作用机理复杂, 影响因素较多, 许多机理仍不清楚。目前, 有关一价和二价离子与粘土的交换反应研究较多, 涉及三价离子的吸附反应研究较少^[1-4]。三价离子(Al^{3+} , Fe^{3+})吸附反应复杂, 对粘土的性质影响较大, 因而越来越受到人们重视。

涉及铝与粘土的相互作用已有一些研究报道^[5-9], Chung等人^[9]在pH为3.0和3.5时研究了土壤中Al-Ca, Al-K之间的交换平衡; Frink和Peech^[6]发现, 粘土存在使 Al^{3+} 的水解增加; Bloom^[7]研究Al-Ca吸附反应时发现, Al^{3+} 吸附过程中伴随有 H^+ 的释放进入溶液。涉及高价离子与粘土的相互作用中, H^+ 的反应非常复杂, 不仅影响粘土本身的性质, 还影响溶液中离子的存在形式和吸附反应。其许多问题有待探讨。我们在293.15K—338.15K范围内和溶液的初始pH值为2、3、4条件下, 系统地研究了铝在钠蒙脱土上的吸附反应, 并重点考察了pH和温度的影响。

1 材料与方 法

1.1 样品试剂和仪器

Swy-1钠蒙脱土产于美国Crook County (Missouri大学提供, CEC = 764mmol/kg Na^+), 经室温下真空干燥后备用。三氯化铝、氢氧化钠、盐酸、8-羟基喹啉、氯仿、醋酸、醋酸钠, 均为分析纯, 水为二次蒸馏水。

* 国家攀登B项目“复合驱技术重大基础问题研究”资助

** 通讯联系人

收稿日期: 1997-06-09; 收到修改稿日期: 1998-04-13

仪器: SPM-10A型数字式酸度计(浙江萧山仪器标准器件厂), 231型玻璃电极, 甘汞参比电极(上海电光器件厂), 752紫外可见分光光度计(上海第三光学仪器厂)。

1.2 方法

在0—200mg/L范围内配制一系列不同浓度的溶液, 用适量HCl或NaOH溶液调节pH值相同(由pH计测定, 精度为 ± 0.02)。准确加入0.125g(± 0.001 g)钠蒙脱土, 振摇使蒙脱土全部分散后, 放入一定温度的水浴振荡器中, 使反应达到平衡(一般振荡10小时以上)。然后离心(3800转/分, 20分钟), 取清液测pH值和铝的浓度。计算铝的表现吸附量。

$$\Gamma = (C_0 - C_e) \times V / (m \times 1000) \quad (1)$$

式(1)中, Γ 为表现吸附量, mg/g; C_0 , C_e 分别为铝的初始浓度和平衡浓度 mg/L, m 为粘土的质量(0.125g); V 为溶液体积。

铝的测定 采用8-羟基喹啉分光光度法^[10], 以氯仿作萃取剂, 最大吸收波长为390nm, 标准曲线线性范围0—6.0mg/ml氯仿。依次向分液漏斗中加入适量的水(使加入试液后水相的总体积为10ml), 2mL 1%的8-羟基喹啉醋酸溶液, 2mL 1M醋酸钠溶液, 准确加入10mL氯仿。然后加入适量铝试液摇30分钟。取氯仿相测定吸光度, 用同样条件下、不加铝试液的氯仿相作参比。

2 结果与讨论

2.1 铝在钠蒙脱土上的吸附特点

2.1.1 吸附等温线 在293.15K, 308.15K, 323.15K, 338.15K时, 不同初始pH条件下铝在钠蒙脱土上的吸附实验结果列于表1、2、3和4中。表中Al的吸附量是按式(1)计算得到的, 称为表现吸附量。

不同条件下, C_e/Γ 与 C_e 呈线性关系(图略), 说明铝离子在钠蒙脱土上的吸附等温线

表1 293.15K下, Al在Na-蒙脱土上吸附的平衡Al³⁺浓度, pH值及吸附量

Table 1 The results of adsorption experiment of Al on Na-montmorillonite at 293.15K

No.	初始pH=2			初始pH=3			初始pH=4			
	Initial			Initial			Initial			
	C_0 (mg/L)	平衡 pH Equilibrium	Γ_{Al} (mg/g)	pAl+ 3pOH	平衡 pH Equilibrium	Γ_{Al} (mg/g)	pAl+ 3pOH	平衡 pH Equilibrium	Γ_{Al} (mg/g)	pAl+ 3pOH
0	0.0	2.14	—	40.8	6.95	—	—	9.73	—	—
1	10.0	2.13	1.88	40.3	5.74	2.00	30.5	6.83	2.00	—
2	20.0	2.13	3.48	39.6	5.18	3.70	30.7	5.82	4.00	—
3	40.0	2.13	4.50	38.8	4.17	7.36	33.4	4.70	7.84	32.4
4	60.0	2.13	5.00	38.5	4.19	8.00	32.6	4.28	9.74	32.5
5	80.0	2.12	5.20	38.3	4.11	8.40	32.5	4.12	10.2	32.6
6	100.0	2.12	6.00	38.2	4.05	8.00	32.5	4.08	10.2	32.5
7	120.0	2.09	6.00	38.1	3.99	8.60	32.6	4.05	10.2	32.4
8	140.0	2.09	5.50	38.1	4.00	8.40	32.4	4.03	10.2	32.4
9	170.0	—	—	—	3.98	8.00	32.4	4.00	10.7	32.4
10	200.0	2.09	7.00	37.9	3.96	8.60	34.5	3.90	11.0	32.6

表2 308.15K下, Al在Na-蒙脱土上吸附的平衡Al³⁺浓度, pH值及吸附量(粘土: 0.125g; 液: 25mL)

Table 2 The results of adsorption experiment of Al on Na-montmorillonite at 308.15K

No.	C ₀ (mg/L)	初始pH=2			初始pH=3			初始pH=4		
		平衡	Γ _{Al}	pAl+	平衡	Γ _{Al}	pAl+	平衡	Γ _{Al}	pAl+
		Equilibrium pH	(mg/g)	3pOH	Equilibrium pH	(mg/g)	3pOH	Equilibrium pH	(mg/g)	3pOH
0	0.0	2.23	—	—	6.99	—	—	8.98	—	—
1	10.0	2.22	1.84	40.6	5.81	2.00	—	6.83	2.00	—
2	20.0	2.22	3.34	40.1	5.15	3.84	32.0	5.79	3.98	—
3	40.0	2.22	4.46	39.5	4.19	7.28	33.4	4.62	7.74	32.5
4	60.0	2.21	4.02	38.8	3.99	8.44	32.6	4.16	9.64	32.9
5	80.0	2.18	4.36	38.4	3.88	8.40	32.5	4.08	10.1	32.7
6	100.0	2.17	5.60	38.3	3.81	8.48	32.6	4.00	9.80	32.7
7	120.0	2.16	5.40	38.3	3.80	8.36	32.5	3.96	9.35	32.7
8	140.0	2.17	5.80	38.1	3.82	8.00	32.4	—	—	—
9	170.0	2.18	5.60	38.1	3.80	8.30	32.4	3.93	10.7	32.6
10	200.0	2.18	5.40	38.0	3.80	8.50	32.5	3.93	10.6	32.5

表3 323.15K下, Al在Na-蒙脱土上吸附的平衡Al³⁺浓度, pH值及吸附量(粘土: 0.125g; 液: 25mL)

Table 3 The results of adsorption experiment of Al on Na-montmorillonite at 323.15K

No.	C ₀ (mg/L)	初始pH=2			初始pH=3			初始pH=4		
		平衡	Γ _{Al}	pAl+	平衡	Γ _{Al}	pAl+	平衡	Γ _{Al}	pAl+
		Equilibrium pH	(mg/g)	3pOH	Equilibrium pH	(mg/g)	3pOH	Equilibrium pH	(mg/g)	3pOH
0	0.0	2.24	—	40.1	7.26	—	—	8.66	—	—
1	10.0	2.20	1.78	39.8	5.87	2.00	30.5	6.93	2.00	—
2	20.0	2.19	3.29	39.3	4.69	3.98	33.3	5.88	4.00	—
3	40.0	2.18	4.30	38.6	3.97	7.39	34.0	4.21	7.84	33.9
4	60.0	2.19	5.00	38.3	3.73	8.40	34.0	3.84	10.1	33.9
5	80.0	2.15	5.28	38.2	3.64	9.30	34.0	3.73	10.7	33.8
6	100.0	2.15	5.12	38.1	3.57	9.20	34.0	3.67	10.3	33.7
7	120.0	2.15	5.72	38.0	3.62	8.75	33.7	3.66	10.0	33.6
8	140.0	2.14	6.00	37.9	3.66	10.0	33.5	3.65	—	—
9	170.0	2.15	6.24	37.8	3.74	8.60	33.5	3.68	10.5	33.3
10	200.0	2.15	6.50	37.7	3.60	9.10	33.4	3.70	11.0	33.2

表4 338.15K下, Al在Na-蒙脱土上吸附的平衡 Al^{3+} 浓度, pH值及吸附量(粘土: 0.125g; 液: 25mL)

Table 4 The results of adsorption experiment of Al on Na-montmorillonite at 338.15K

No.	C_0 (mg/L)	初始pH=2			初始pH=3			初始pH=4		
		平衡	Γ_{Al}	pAl+	平衡	Γ_{Al}	pAl+	平衡	Γ_{Al}	pAl+
		Equilibrium pH	(mg/g)	3pOH	Equilibrium pH	(mg/g)	3pOH	Equilibrium pH	(mg/g)	3pOH
0	0.0	2.24	—	40.1	7.76	—	—	9.50	—	—
1	10.0	2.24	1.77	39.7	6.99	2.00	—	7.55	2.00	—
2	20.0	2.21	3.26	39.3	4.53	3.98	32.8	6.05	4.00	—
3	40.0	2.19	4.64	38.6	3.79	7.50	34.7	4.05	7.67	34.1
4	60.0	2.19	5.66	38.3	3.44	9.12	34.9	3.55	10.30	34.8
5	80.0	2.18	5.20	38.2	3.31	9.66	35.0	3.40	11.20	33.9
6	100.0	2.15	5.28	38.2	3.31	9.32	34.8	3.39	10.96	34.6
7	120.0	2.12	5.36	38.1	3.25	9.64	34.8	3.31	11.40	34.7
8	140.0	2.13	5.34	38.0	3.22	9.60	34.8	3.29	11.43	34.6
9	170.0	2.13	5.00	37.9	3.23	9.60	34.7	3.30	11.64	34.5
10	200.0	2.14	5.00	37.8	3.24	9.30	34.5	3.33	11.65	34.3

可用 Langmuir 模型描述, 由此得到饱和吸附量 Γ_m 值(见表 5)。

表5 铝在钠蒙脱土上的饱和吸附量 Γ_m (mmol/g)

Table 5 Saturated adsorption amount of aluminum on Na-montmorillonite

T/K	pH2.00	pH3.00	pH4.00
293.15	0.22	0.30	0.38
308.15	0.19	0.31	0.39
323.15	0.22	0.33	0.40
338.15	0.20	0.35	0.43

由于溶液中离子强度较低, 以浓度代替活度计算了 $[Al^{3+}]$ 与 $[OH^-]^3$ 的负对数之和(pAl + 3pOH), 其值列于表 1—4 中。Al(OH)₃沉淀有无定形氢氧化铝(其 $pK_{sp} = 31.5$)和水铝石(其 $pK_{sp} = 34.0^{[7]}$), 除个别低浓度的情况(293.15K、pH = 3 的 1 号和 2 号样品 323.15K、pH = 3 的 1 号样品)外, 其它条件下 pAl + 3pOH 的值都大于无定形 Al(OH)₃的 pK_{sp} ; 就 pAl + 3pOH < 31.5 的情况, 其溶液中的铝浓度很低, 在 $10^{-6}M$ 的数量级, 已低于 Al^{3+} 溶液沉淀完全的浓度值(如, 对一个 0.01M Al^{3+} 的溶液来说, 开始生成 Al(OH)₃沉淀的 pH = 4, 而沉淀完全时溶液中的 Al 浓度 $\leq 5.3 \times 10^{-5}M^{[11]}$)。所以在本实验中, 没有无定形 Al(OH)₃沉淀生成。从 pAl + 3pOH 的数值看, 除初始 pH = 2 条件外, pAl + 3pOH 的值都小于水铝石的 pK_{sp} (34.0), 但水铝石的形成需要特殊条件和长期放置, 在本实验的条件和短时间内不能形成水铝石。所以本实验中都没有氢氧化物沉淀, 溶液中铝的减少量可归于蒙脱土的吸附。

2.1.2 温度对吸附量的影响 由表 5 看出, 温度对吸附反应的影响还与 pH 有关, 初始 pH = 2 时, 铝的饱和吸附量与温度关系不大, 说明在 pH = 2 时, 吸附热效应不大。在初始 pH = 3 和 4 时, Al^{3+} 的饱和吸附量随温度增加而增加。说明此条件下, Al^{3+} 与 Na-蒙脱土吸附反应是吸热的。

2.1.3 pH 对吸附量的影响 同一温度下, 初始 pH 值越高, 饱和吸附量也越大。pH 值对 Al^{3+} 的吸附反应影响机理主要有两方面: 第一, H^+ 浓度较高, 粘土发生溶解使吸附量减少; 第二, H^+ 浓度较低, 可能表现出低价形式 [$\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ 等] 的吸附, 以及吸附后的 Al^{3+} 进一步水解程度增加, 使吸附量增加。

2.1.4 粘土的溶解及对吸附的影响 粘土在水溶液中发生溶解, 其溶解性质与介质的 pH 值和温度等因素有关^[12]。本实验中, 在 pH = 2 时没加入铝的空白样品(表 1—4 中 0 号样品), 测出平衡溶液中存在 Al^{3+} , 而且温度越高, 溶解量也越大。此浓度已是溶解的铝发生吸附达到平衡后的浓度数据。由于粘土晶体中结构铝被溶解进入液, 使吸附反应更加复杂。钠蒙脱土的化学组成式又不确定, 所以仅从溶解出的铝的量难以定量地研究溶解对吸附反应的影响。但从定性角度看, 此影响主要有: 第一, 测定的平衡铝浓度中包含了由于溶解进入溶液的 Al^{3+} ; 第二, 粘土表面一部分吸附位被溶解的 Al^{3+} 吸附而占据, 使外加的 Al^{3+} 吸附减少; 第三, 由于一部分粘土被溶解, 而使发生吸附的粘土样品有一定的损失。上述第一和第二种影响相当于在吸附实验中外加一部分 Al^{3+} , 即 Al 的初始浓度增加, 表现在吸附等温线上, 实验点向低浓度和低吸附量方向移动。第三种影响相当于实际发生吸附的粘土样品减少。这些影响的总趋势, 都使得实际测得的吸附量减少。

2.2 吸附过程中 H^+ 的消耗

不同温度和初始 pH 值下, 吸附反应达到平衡时溶液的 pH 值也列于表 1—4 中。初始 pH = 2 时, 达到饱和后平衡溶液的 pH 值比初始值略有增加, 在吸附反应进行的过程中伴有 H^+ 消耗, 可以认为 pH = 2 时, Al^{3+} 基本不发生水解, 在溶液中和在粘土表面的铝的形式都为 Al^{3+} (或 $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$)。溶液中 H^+ 的消耗可能有几个方面:

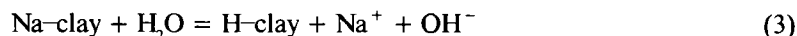
(1) 粘土的溶解, 即粘土与 H^+ 发生反应而消耗溶液中的 H^+ 。

(2) 粘土边缘(端面)上吸附 H^+ , 也即粘土的可变电荷部分, 粘土晶体的边缘处, Al-OH 基团吸附 H^+ , 而使边缘变成正电荷。



此外, 由于 H^+ 浓度较高, 还可能在可吸附位上(即永久负电荷)部分被 H^+ 所占据。由于 H^+ 浓度高, pH 的变化较小, 由吸附反应前后 pH 变化不易计算反应消耗的 H^+ 量。

初始 pH 为 3 和 4 时, 在没有达到饱和吸附前平衡溶液 pH 值都高于初始溶液的 pH 值(表 1—4), 这是由于 Na^+ -粘土上 Na^+ 被水溶液中 H^+ 交换而产生 OH^- , 即:



随平衡铝浓度和吸附量的增加, H^+ 占据的吸附位减少, 所以平衡溶液的 pH 值随平衡铝浓度的增加很快降低, 至吸附的铝达到饱和后, pH 基本不变。而且初始 pH 值越高, 开始阶段 pH 值下降幅度也越大。这种变化与吸附量与平衡浓度的变化具有相反的关系。

达到饱和后,由平衡溶液的 pH 值可估算平衡时溶液中氢离子浓度 $[H^+]_e$ 和每克粘土所消耗 H^+ 总量,其结果列于表 6 中。

表 6 初始 pH 为 3 和 4 时,达到饱和和吸附后溶液中的 H^+ 浓度和每克粘土消耗的 H^+ 量 (mmol/g)

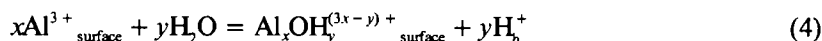
Table 6 H^+ concentration and H^+ amount consumed by clay (mmol/g) at initial pH3 and pH4 respectively when the adsorption reached maximum

温度 Temperature K	pH=3		pH=4	
	$[H^+]_e \times 10^4$	mmol H^+ /g	$[H^+]_e \times 10^4$	mmol H^+ /g
293.15	1.01	0.180	1.00	0.00
303.15	1.58	0.168	1.26	-0.0052
323.15	2.19	0.156	2.24	-0.025
338.15	5.75	0.085	5.01	-0.080

初始 pH = 3 时,达到饱和和吸附后,平衡 pH 值都高于初始 pH 值,说明吸附反应进行过程中,表观上看,伴随有溶液中的 H^+ 参与反应。初始 pH = 4 和 293.15K 时,吸附前后表观上看,没有 H^+ 参与反应。其它三个温度下,表观上消耗的 H^+ 量为负值,即铝在钠蒙脱土的吸附过程中,伴随着释放出 H^+ 进入溶液。换言之,吸附反应进行的同时,消耗溶液中 OH^- ,这可能是因为吸附于表面的 Al^{3+} 发生了进一步的水解所致。

2.3 吸附铝的水解

由于吸附在粘土表面的 Al^{3+} 进一步水解,而使粘土表面结合了部分 OH^- ,从而释放 H^+ 放入溶液中。反应式可表示为:



吸附 Al 的水解形式比较复杂,用 Al_xOH_y 表示。 H^+_h 为由于表面水解而进入溶液中的氢离子量,等于表面束缚的 OH^- 量。

Al^{3+} 在 Na-蒙脱土上吸附过程中,以总的氢离子变化(以消耗溶液中 H^+ 的量表示)来考虑,包括四部分:

$$H^+_t = H^+_s + H^+_d + H^+_c - H^+_h \quad (5)$$

式(5)中, H^+_t 为反应过程中溶液中总的 H^+ 消耗(表 6); H^+_s 为溶解粘土而消耗的 H^+ ; H^+_d 为平衡时由于阳离子的竞争吸附占据的阳离子吸附位点的数目; H^+_h 为吸附于粘土表面的 Al^{3+} 进一步水解对溶液中 H^+ 的贡献; H^+_c 为粘土边缘(或端面)上吸附的 H^+ 。

pH = 3 和 4,可以认为达到饱和时,蒙脱土表面上的阳离子吸附位点都被吸附的铝所占据,即 $H^+_c = 0$ 。由于水解而吸附于粘土表面的 OH^- 可由吸附量 $\Gamma_{Al^{3+}}$ (mmol/g) 和粘土离子交换容量 CEC 求得,即

$$OH^- = H^+_h = 3\Gamma_{Al^{3+}} - CEC \quad (6)$$

式(6)中, $\Gamma_{Al^{3+}}$ 为 Al^{3+} 的饱和吸附量, mmol/g; CEC 为粘土的阳离子交换容量,为 76.4mmol Na^+ /g。定义表面水解度 α 为:

$$\alpha = OH^- / (3Al^{3+}_t) \quad (7)$$

式(7)中, Al^{3+}_t 为吸附于粘土表面铝的总量,以 mmol/g 表示。由式(6), (7) 计算 pH = 3 和 4 时表面吸附 OH^- 和表面水解度列于表 7 中。pH = 3 和 4,有限的实验时间内,可以认为

粘土的溶解量可忽略, 则 $H_s^+ = 0$, 由式(5)可近似求出此条件下粘土边缘吸附 H_{cd}^+ , 其结果也列于表 7 中。

表 7 pH = 3.4 时粘土表面束缚 OH^- (mmol / g) 和表面水解度

Table 7 The OH^- bound (mmol / g) and degree of hydrolysis on the clay surface at pH = 3 and 4

温度 Temperature	pH=3.00			pH=4.00		
	OH^-	α	H_{cd}^+	OH^-	b	H_{cd}^+
293.15	0.148	0.162	0.328	0.370	0.326	0.370
308.15	0.170	0.182	0.340	0.403	0.345	0.398
323.15	0.236	0.236	0.396	0.414	0.117	0.389
338.15	0.292	0.276	0.377	0.526	0.136	0.446

α 为束缚于表面的 OH^- 量, mmol/g; b 为边缘吸附的氢离子, mmol/g.

参 考 文 献

1. Marshall C E. The Physical Chemistry and Mineralogy of Soils. Soil Materials. N. Y.: John Wiley & Sons, Inc, 1964, 260
2. Yaniv S., Cross H. Geochemistry of Colloid System. New York: Spring-Verlag, 1979. 279
3. Swartzen-Allen S L, Matijevic E. Surface and colloid chemistry of clays. Chem. Rev., 1974, 74(3):385
4. 安德森 M A, 鲁宾 A J (刘连生译). 水溶液吸附化学. 北京: 科学出版社, 1989. 81
5. Dalal R C. Hydrolysis production of solution and exchangeable aluminum in acidic soils, Soil Science, 1975, 119:127-131
6. Frink C R, Peech M. Hydrolysis and exchange reaction of the aluminum ion in hectorite and montmorillonite suspensions. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1963, 27:527-530
7. Bloom P R, McBride M B, Chadbourne B. Adsorption of aluminum by a smectite: I. Surface hydrolysis during $Ca^{2+}-Al^{3+}$ exchange, Soil Sci. Soc. Am. J., 1977, 41:1068-1073
8. McBride M B, Bloom P R. Adsorption of aluminum by a smectite II. An $Al^{3+}-Ca^{2+}$ exchange mode. Soil Sci. Soc. Am. J., 1977, 41:1073-1073
9. Chung J B, lasoski R J, Burau R G. Aluminum-potassium and aluminum-calcium exchange equilibria in bulk and rhizosphere soil. Soil Sci. Soc. Am. J., 1994, 58:1376-1382
10. Turner R C. Three forms of aluminum in aqueous systems determined by 8-quinolate extraction method, Can. J. Chem., 1969, 47:2521-2527
11. 杭州大学化学系分析化学教研室编. 分析化学手册(第二分册, 化学分析). 北京: 化学工业出版社, 1979. 108
12. 王鸿禧. 膨润土. 北京: 地质出版社, 1979. 77

STUDIES ON ADSORPTION OF ALUMINUM ON Na-MONTMORILLONITE

Pan Jing-jun Yang Guan-ying Han Bu-xing Yan Hai-ke

(*Institute of Chemistry, Academia Sinica, Beijing 100080*)

Summary

Adsorption reactions of aluminum on Na-montmorillonite have been studied in the temperature range of 293.15K–338.15K, and at initial pH of Al solution of 2, 3, 4, respectively. The effects of pH and temperature on the adsorption isotherm are discussed on the basis of experimental results. H^+ adsorption on the clay edges, OH^- adsorption and the degree of hydrolysis of Al^{3+} adsorbed on the clay surface are estimated. The adsorption mechanism of trivalent ions with clay is also discussed.

Key words Aluminum, Montmorillonite, Adsorption, Surface hydrolysis