

## 胺类水溶液的 CO<sub>2</sub> 吸收量评价

- 采用 CGT-7100 及 TOC-L 作为 CO<sub>2</sub> 吸收量的评价方法

田中美奈子、居原田健志

### 特点描述

- ◆ 将 CGT-7100 与 TOC-L 相互组合, 可获得碳回收必不可少的、有益于开发利用胺类水溶液分离、回收 CO<sub>2</sub> 技术的信息。
- ◆ 由于 CGT-7100 样品气体流量范围较大, 因此可应用于从实验室规模到工厂的各种试验与评价当中。
- ◆ 利用 TOC-L 可测定 CO<sub>2</sub> 吸收液中所含溶解 CO<sub>2</sub> 和碳酸氢离子等无机碳浓度。

### 简介

为努力实现碳中和社会, 针对 CO<sub>2</sub> 分离、回收和二次利用、储存等技术的探索正在蓬勃发展。

目前研讨的 CO<sub>2</sub> 分离、回收方法包括物理及化学等各种方法, 其中一类技术是采用胺类水溶液。胺类可以说是该技术的主要角色, 要求其不仅要与 CO<sub>2</sub> 立即发生反应, 而且吸收后的 CO<sub>2</sub> 回收操作成本应低廉, 具有优异的稳定性和安全性, 因此目前研发的目标是实现更好的特性。

在此背景下, 本文介绍了采用岛津便携式气体浓度测定装置 CGT-7100 和岛津总有机碳分析仪 TOC-L 作为评价方法, 利用胺类水溶液进行的 CO<sub>2</sub> 吸收试验。

### 分析方法

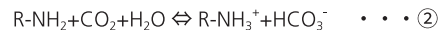
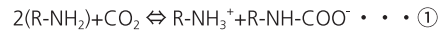
本试验的流路系统图如图 1 所示, 试验状态如图 2 所示。

从 4.78 vol%CO<sub>2</sub>(in N<sub>2</sub>) 气瓶向冲击式吸收管(图 3) 导入 CO<sub>2</sub> 气体, 流量为 100 mL/min, 使用 CGT-7100 连续测定其出口气体的 CO<sub>2</sub> 浓度。

溢流会吸收由 CO<sub>2</sub> 气瓶输送的 CO<sub>2</sub> 气体流量与 CGT-7100 内置泵吸引的 CO<sub>2</sub> 气体流量之差, 流量约为 30 mL/min。三通阀用于旁通冲击式吸收管。

胺类采用 2- 氨基 -2- 甲基 -1- 丙醇 [简称 AMP, 化学式 (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>C(NH<sub>2</sub>)CH<sub>2</sub>OH], 以纯水予以稀释, 浓度为 20 wt%。

胺类与 CO<sub>2</sub> 的反应中包括以下①和②所示两种途径(1 级胺类 R-NH<sub>2</sub> 的情况)。



反应②在 CO<sub>2</sub> 分离、回收过程中, 胺基分子与 CO<sub>2</sub> 分子发生 1 比 1 反应(反应①为 2 比 1), 同时 CO<sub>2</sub> 回收所需热能小于反应①, 因此更加优异。本试验使用的 AMP 是以反应②为主反应的一种胺基。

此外, 在反应②中, 被 AMP 水溶液吸收的 CO<sub>2</sub> 以碳酸氢根离子 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 的形式存在。本试验中使用 TOC-L 测定了该 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 的浓度。

TOC-L 具有分别定量样品中有机碳(TotalOrganicCarbon: TOC)和无机碳(InorganicCarbon: IC)的功能。IC 测定的原理是通过酸化样品, 将样品中的 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 转化为溶解 CO<sub>2</sub> 的形式, 之后利用干净气体提取, 通过非色散红外检测器进行定量。利用此功能, 可不受 CO<sub>2</sub> 吸收量中所含源自胺类的碳的影响, 定量 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 的碳量。

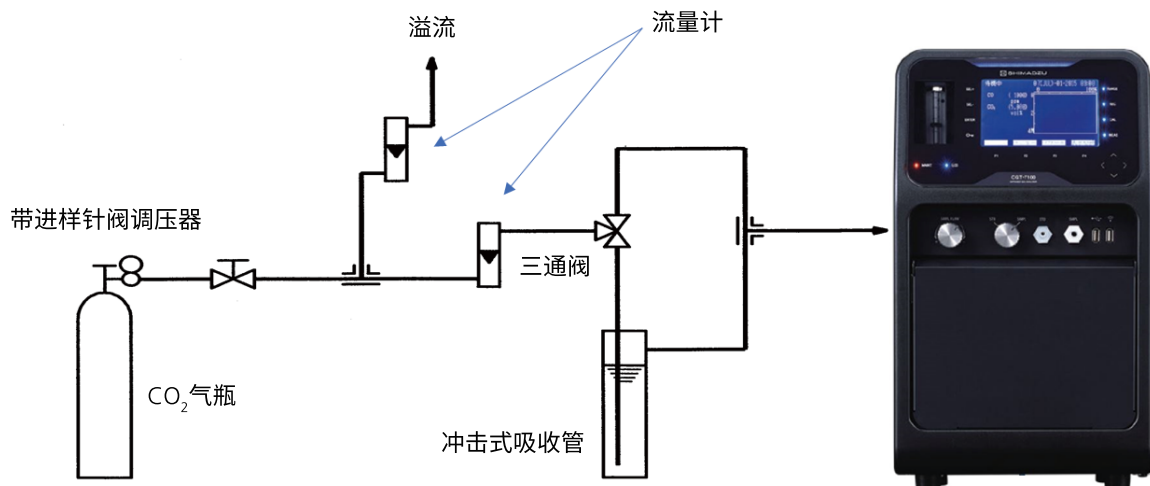


图 1 本试验的流路系统图

表 1 测定条件

分析仪	: CGT-7100	TOC-L
测量组分	: CO <sub>2</sub>	IC
值域	: 10 vol%	1000 mg/L
气体流量	: 100 mL/min	-
进样量	:-	28 μL
AMP 浓度	:	20 wt%
AMP 水溶液量	:	20.6 mL
室温	:	26°C

## 测定结果和分析

使用 CGT-7100 测定 CO<sub>2</sub> 浓度的结果如图 4 所示。图 4 中红色箭头①和②表示将 CO<sub>2</sub> 气体通气至冲击式吸收管的区间，其余为使用三通阀旁通冲击式吸收管。

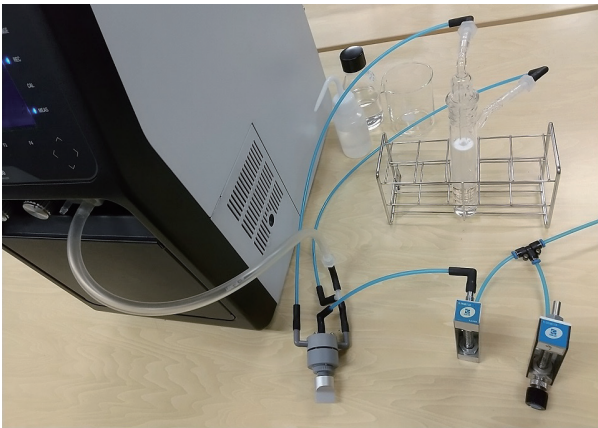


图 2 试验状态

将 CO<sub>2</sub> 气体通过冲击式吸收管后，CO<sub>2</sub> 浓度仍不为 0 vol%，由此可知，在本试验条件下，CO<sub>2</sub> 气体与 AMP 水溶液的气体接触效率（包括搅拌）和反应速度不足以完全吸收 CO<sub>2</sub>。此外，CO<sub>2</sub> 浓度随通气时间而升高，即 CO<sub>2</sub> 吸收能力下降是由于未反应的 AMP 浓度随反应②的进行而降低。从①与②通气操作的 CO<sub>2</sub> 浓度变化可通过黑色箭头③连接成连续的曲线也可以看出这一点。

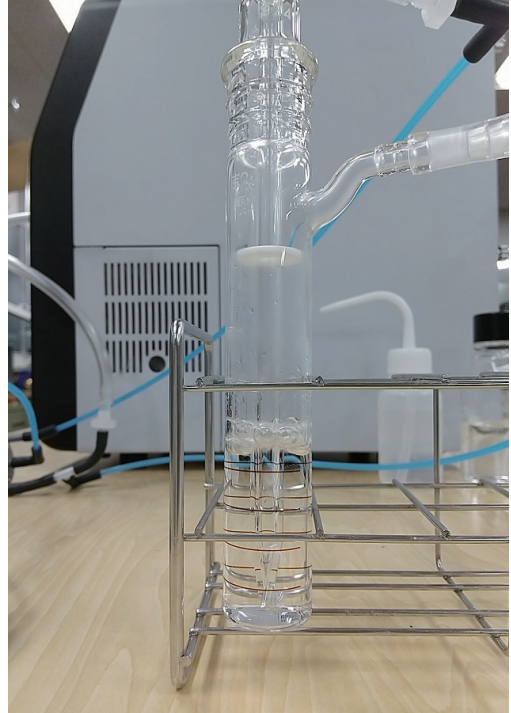


图 3 冲击式吸收管通气状态

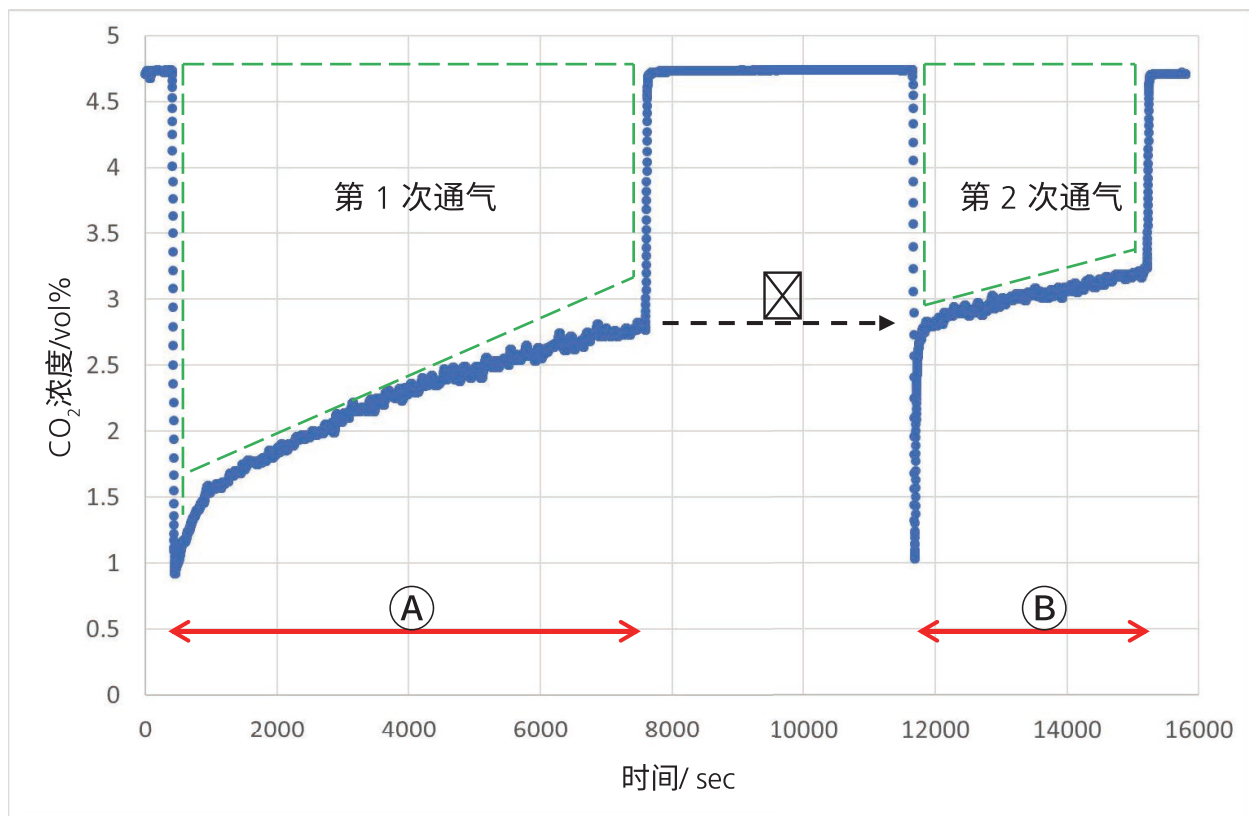


图 4 使用 CGT-7100 测定 CO<sub>2</sub> 浓度的结果

然后，图 4 绿色虚线围起的部分视为 AMP 水溶液所吸收的 CO<sub>2</sub> 量，通过计算软件进行面积计算，所得结果为 24,231 vol% · sec。假设其全部经反应②在 AMP 水溶液中以 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 的形式存在，则其 IC 浓度为 10,502 mg/L（参照下式）。

$$\begin{aligned}
 \text{IC (mg/L)} &= 24,231 \text{ (vol\% \cdot sec)} \\
 &\times (100/60) \times (1/100) && \leftarrow \text{换算为 CO}_2 \text{ 量 (mL)} \\
 &\times (1/22.4) && \leftarrow \text{CO}_2 \text{ 换算为摩尔数 (mmol)} \\
 &\times 12 && \leftarrow \text{换算为碳质量 (mg)} \\
 &\times (1000/20.6) && \leftarrow \text{AMP 吸收液量的校正} \\
 &= 10,502 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

图 4 的试验结束后，使用纯水将 AMP 水溶液稀释 20 倍，通过 TOC-L 进行 IC 测定，结果如图 5 所示。将该测定结果 561.6 mg/L 乘以 20 倍，求出原 AMP 水溶液的 IC 浓度为 11,232 mg/L，与上述 CGT-7100 测定值所得 CO<sub>2</sub> 吸收量接近。

由此可知，AMP 可能主要通过反应②与 CO<sub>2</sub> 发生反应。

## 结论

通过本试验，介绍了

- 使用 CGT-7100 实时观察 AMP 水溶液 CO<sub>2</sub> 吸收行为
  - 使用 TOC-L 定量 AMP 水溶液中 CO<sub>2</sub>
- 等 2 种分析仪的使用方法。

[参考文献]

- 1) 针对 CO<sub>2</sub> 化学吸收法的计算化学研究：挑战能源、环境问题，寺西庆，石川敦之，中井浩巳，J.Comput.Chem.Jpn.,Vol.15,No.2,pp.A15-A29(2016).
- 2) 温室效应对技术的 CO<sub>2</sub> 回收技术，饭嶋正树，远藤崇彦，岛田大辅，三菱重工技报 Vol.47,No.1(2010).

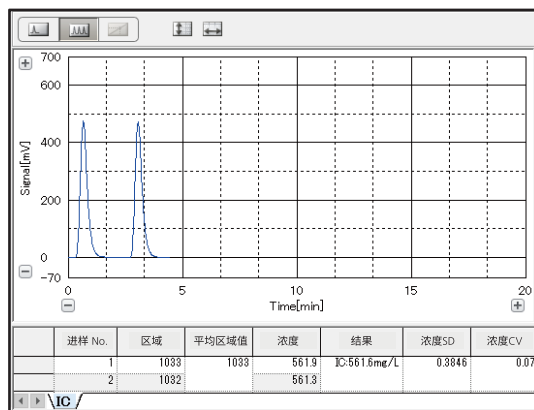


图 5 使用 TOC-L 测定 20 倍稀释 AMP 水溶液 IC 的结果

如本文所介绍，CGT-7100 可获得有关胺类水溶液和吸收反应器行为的信息，TOC-L 可获得有关 CO<sub>2</sub> 吸收反应和吸收量的信息。因此，将此 2 种分析仪相互组合，可轻松且详细地获得研讨 CO<sub>2</sub> 吸收操作条件以及评价时的重要信息。

此外，如使用 TOC-L 选配设备的手动样品进样工具，则可测定气密注射器内采集的气体中所含 CO<sub>2</sub> 浓度。适用于例如抽样测定 CO<sub>2</sub> 分离、回收系统各部分的 CO<sub>2</sub> 浓度等用途。

欢迎您在从实验室规模到工厂的 CO<sub>2</sub> 分离、回收技术研发过程中使用 CGT-7100 和 TOC-L。



岛津总有机碳分析仪 TOC-L



岛津便携式气体浓度测定装置 CGT-7100

岛津应用云



岛津企业管理（中国）有限公司  
岛津（香港）有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话：800-810-0439  
400-650-0439

免责声明：

\* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售；  
\* 本资料中的所有信息仅供参考，不予任何保证。  
如有变动，恕不另行通知。

第一版发行日：2021 年 8 月