

## フロン類のメタノール-NaOH溶液への溶解度

HIRASHIMA, Takahiro / 平嶋, 隆伯

---

(発行年 / Year)

2006-03-24

(学位授与年月日 / Date of Granted)

2006-03-24

(学位名 / Degree Name)

修士(工学)

(学位授与機関 / Degree Grantor)

法政大学 (Hosei University)

2005年度 修士論文

フロン類のメタノール-NaOH 溶液への溶解度

**SOLUBILITY OF FLUOROCARBONS IN  
METHANOL-NaOH SOLUTION**

法政大学大学院工学研究科物質化学専攻修士課程

04R2126

平嶋隆伯

## Abstract

Solubility of fluorocarbons, i.e. CFC12, HFC125, HFC152a and HFC32 in methanol, decreased exponentially with NaOH concentration. The Henry's law constant for fluorocarbon-methanol-NaOH system was expressed as a following exponent function of NaOH concentration,

$$H = H^0 e^{hz}$$

where  $H^0$ : Henry's law constant for fluorocarbons in pure methanol [ $\text{MPa}^{-1}$ ],  $z$ : NaOH concentration [ $\text{mol/L}$ ]. The  $h$  value for CFC12, HFC125, HFC152a and HFC32 were obtained in this work.

The values of  $h$  are as follows,

- (1) CFC12 : 0.267 ranging from 273K to 313K
- (2) HFC125 : 0.356 ranging from 273K to 313K
- (3) HFC152a : 0.353 ranging from 273 to 313 K
- (4) HFC32 : 0.300 ranging from 273 to 313 K

*Key Word : Henry's law constant, Fluorocarbons, Methanol-NaOH solution*

# 目次

第1章	緒言	1
第2章	序論	2
	2.1 既存研究	2
	2.2 フロン	4
第3章	理論	11
第4章	予備実験	12
	4.1 流量計の校正	12
	4.2 CFC12, HFC125, HFC152a, HFC32 の検量線	19
第5章	実験	25
第6章	実験結果	27
	6.1 CFC12 の溶解度と Henry 定数	28
	6.2 HFC125 の溶解度と Henry 定数	38
	6.3 HFC152a の溶解度と Henry 定数	48
	6.4 HFC32 の溶解度と Henry 定数	58
	6.5 HFC134a の溶解度と Henry 定数	68
	6.6 HCFC22 の溶解度と Henry 定数	76
第7章	検討	82
	7.1 NaOH-メタノール溶液における Henry 定数の相関式	82
	7.2 フロン固有の定数 $h$ の決定	83
第8章	フロンの Henry 定数相関	89
	8.1 CFC12 の Henry 定数相関	89
	8.2 HFC125 の Henry 定数相関	94
	8.3 HFC152a の Henry 定数相関	99
	8.4 HFC32 の Henry 定数相関	104
	8.5 HFC134a の Henry 定数相関	109
	8.6 HCFC22 の Henry 定数相関	113
	8.7 相関値と実験値の相対誤差	116
第9章	フロン固有の定数 $h$ の推算	117

第10章 結言	118
第11章 今後の展望	119
謝辞	120
記号	121
参考文献	122
APPENDIX	123

## 第1章 緒言

CFCs (Chloro Fluoro Carbons) は、優れた化学的・物理的性質から冷媒、発泡剤、洗剤などに広く使われてきた。しかしながら、CFCs はオゾン層破壊係数が極めて高いため、1995年に全廃となっている。そのCFCsの代わりに使用されているHCFCs (Hydro Chloro Fluoro Carbons) も、オゾン層を破壊し、温室効果もあるので、2020年に全廃される予定であり、現在は段階的に削減されている。従って、今後これらフロン的大量廃棄が、国際的な問題を引き起こすと予想される。

当研究室では、このようなフロンを分解する方法の1つとして、アルカリ性アルコールによる光脱塩素法を提案している。この方法はまず、常温常圧下において、フロンをアルカリ性アルコール溶液にバブリングさせる。そして、紫外線を照射することにより、フロンの分解反応が開始する。

この反応は当研究室で研究され、反応速度式を導くことに成功しているが、最近になって溶液中のアルカリ濃度が高くなると、フロンの溶解度が減少することがわかった。この現象はつまり、アルカリ濃度が高すぎると、フロンの分解反応速度に影響を及ぼすことを示唆する。

将来、この方法を用いた反応装置を設計するならば、アルカリ濃度とフロンの溶解度との関係を考慮した反応速度式を提唱することは必須であり、そのための参考データを得ることが急務となっている。そこで、本研究では様々なフロンのメタノール-NaOH溶液への溶解度を測定し、それらの溶解挙動を明らかにすることを目的としている。

## 第2章 序論

### 2.1 既存研究

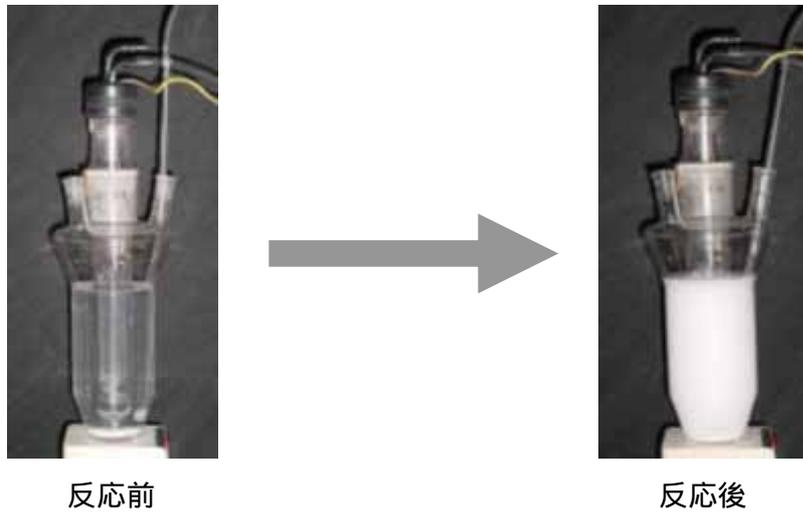


Fig. 2.1 フロンの光分解実験図

当研究室ではフロンの光分解法を提案している。(Fig. 2.1) この方法は、NaOH を溶解させたメタノール溶液に、フロンをバブリングさせ、紫外線を照射することにより、反応が開始される。

以下に CFC12 の光分解を例にとって、反応の状態を図示する。

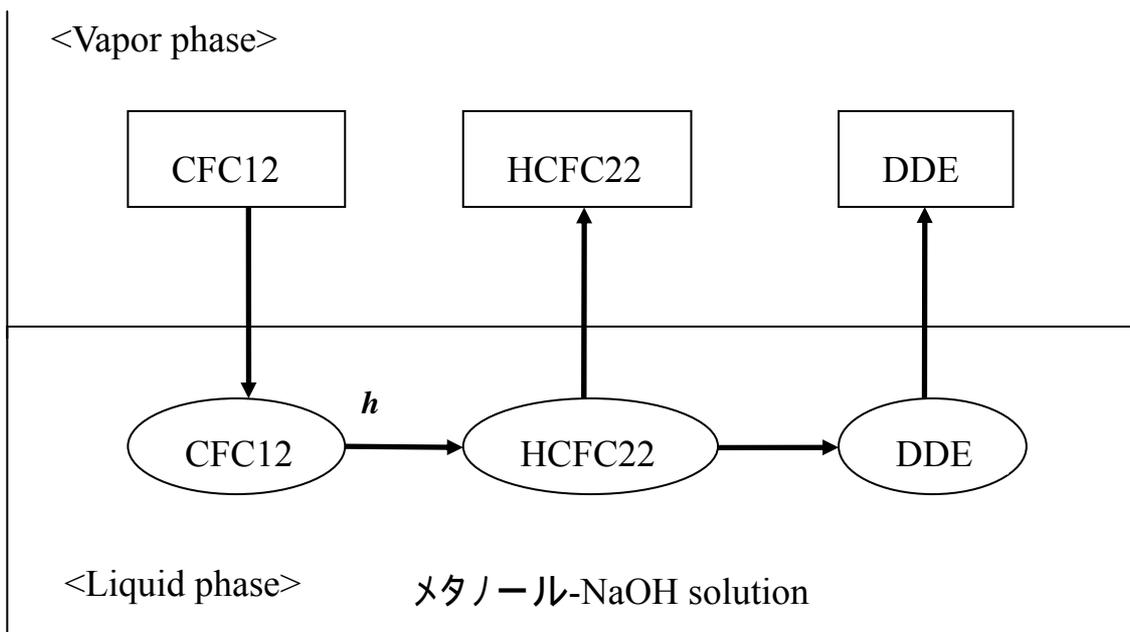


Fig. 2.2 CFC12 の光分解図

この CFC12 の光分解反応の反応速度式は、過去の研究で明らかになっており、以下にとおりになる。

$$\Omega_{CFC12} = kI_0^{1/2}C_{CFC12} \quad (2.1)$$

ここで、 $\Omega_{CFC12}$  : CFC12 の光分解速度 [mol/L min],  $k$  : 反応速度定数 [ $\text{min}^{-1}$ ],  $I_0$  : 相対光強度 [-],  $C_{CFC12}$  : CFC12 の溶液中濃度 [mol/L] である。

(2.1)式をみると、反応速度は NaOH 濃度には依存しないということになっている。しかし、この反応は NaOH をメタノールに溶解させないと開始されない。そこで、仮説として以下のことが考えられる。

(2.1)式は、NaOH が見かけ上関与していないだけではないか？

それを確かめるため、NaOH 濃度を变化させた時の、CFC12 の溶液中濃度を Fig. 2.3 に示す。

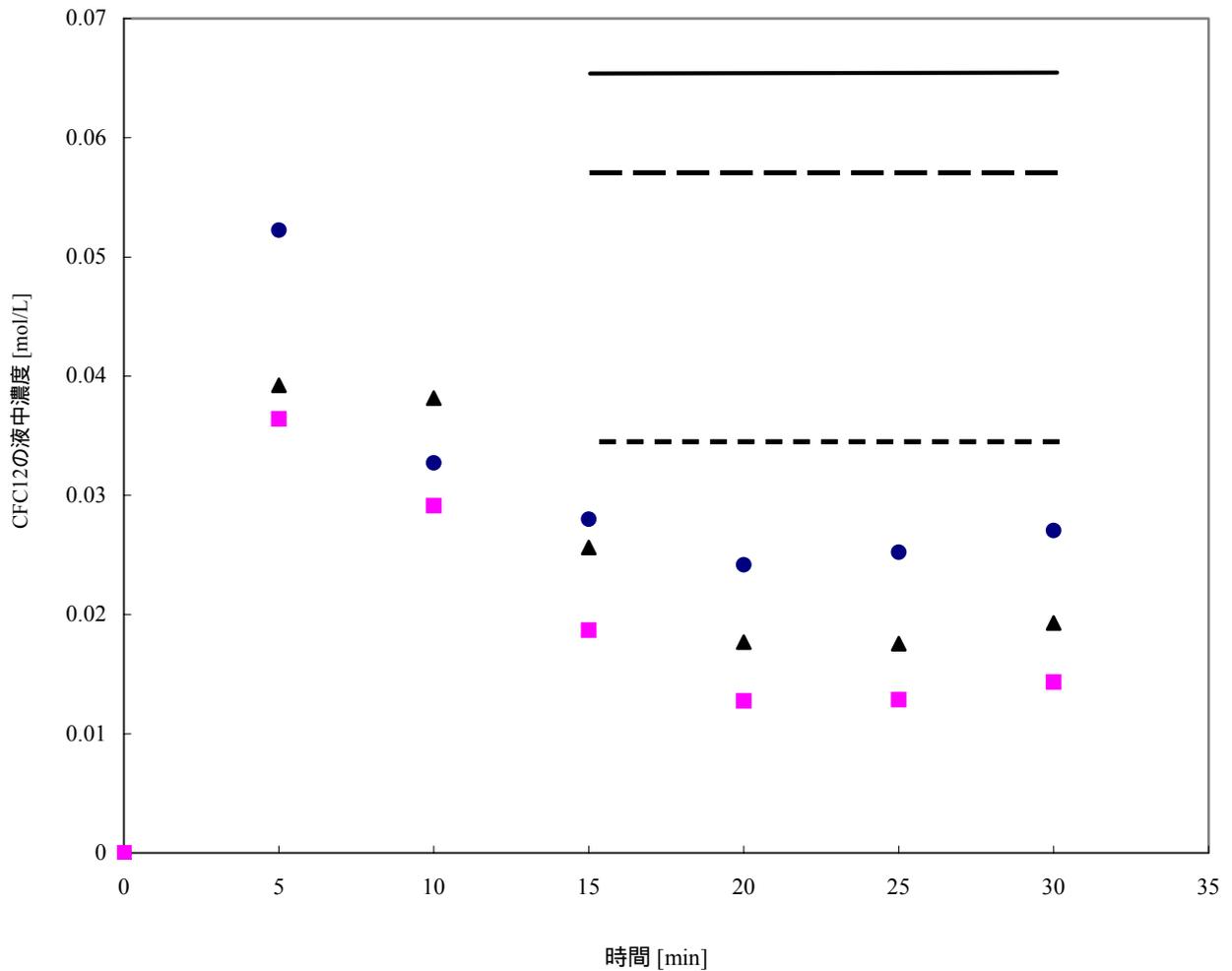


Fig. 2.3 CFC12 濃度と NaOH 濃度の関係

ここで、NaOH 濃度: (●) 1.0, (▲) 1.5, (■) 2.0 [mol/L]. CFC12 の飽和溶解度: (——) 1.0, (---) 1.5, (----) 2.0 [mol/l].

Fig. 2.3 を見ると、NaOH 濃度が高くなるにつれて、CFC12 濃度が減少していることがわかる。つまり、NaOH 濃度がゼロだと反応は起こらないが、逆に高すぎても CFC12 が溶解しづらくなり、反応速度が落ちるということを意味する。

本研究を立ち上げるに至った背景は、まさに、この減少を解明するためである。NaOH 濃度は、CFC12 をはじめとするフロン類のメタノールへの溶解度に、どのような影響を与えるのかということである。

## 2.2 フロン

本節では、既存研究そして本研究で用いた主試料であるフロンについて、性質や使用規制などを簡単に述べておく。

フロンとは、炭素、フッ素、塩素などが結びついた物質の総称である。フロンという言葉は、国際的に通用しない和製語であり、世界的には組成によってCFC (Chloro Fluoro Carbon), HCFC (Hydro Chloro Fluoro Carbon), HFC (Hydro Fluoro Carbon)などの呼称が用いられる。

フロンは一般的に次のような優れた特性をもっていることから、冷媒、発泡剤、洗浄剤などとして、広く利用されるようになった。

- 1) 不燃性
- 2) 極めて毒性が低い
- 3) 化学的に極めて不活性であり、熱的にも極めて安定
- 4) 金属に対する腐食性がほとんどない
- 5) 選択的溶解性
- 6) 熱伝導率が低く、断熱性に優れている
- 7) 電気絶縁性が良好

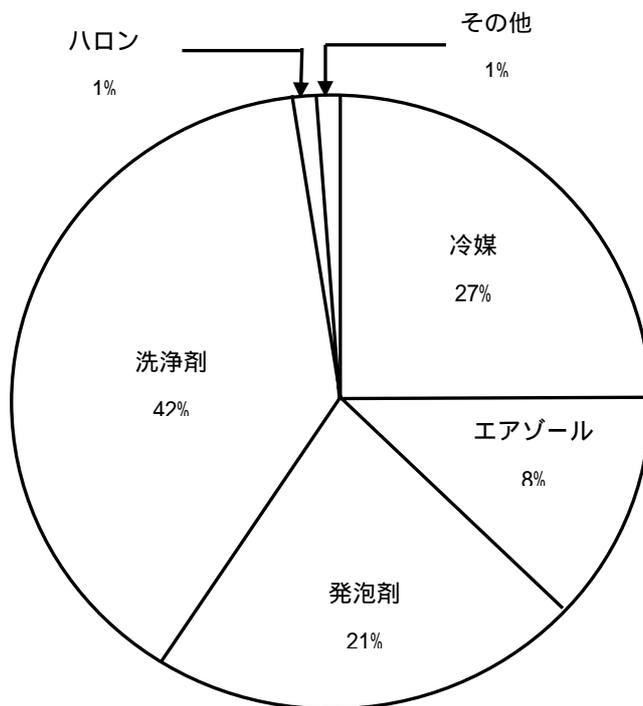


Fig. 2.4 日本におけるフロンの用途別使用比率

Table. 2.1 CFCs, HCFCs, HFCs などの環境への負荷

	化合物	化学式	沸点[ ]	大気中寿命[年]	ODP <sup>(a)</sup>	GWP <sup>(b)</sup>
	CFC11	CCl <sub>2</sub> F	23.8	46 ~ 71	1	1
	CFC12	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	-29.8	95 ~ 154	0.87 ~ 1.0	2.90 ~ 3.50
CFCs	CFC113	CCl <sub>2</sub> FCClF <sub>2</sub>	47.6	79 ~ 117	0.76 ~ 0.89	1.40 ~ 1.50
	CFC114	CClF <sub>2</sub> CClF <sub>2</sub>	3.6	197 ~ 319	0.56 ~ 0.82	4.50 ~ 5.40
	CFC115	CClF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	39.1	393 ~ 690	0.27 ~ 0.45	8.20 ~ 13.00
	HCFC22	CHClF <sub>2</sub>	-40.8	12.7 ~ 20	0.032 ~ 0.071	0.29 ~ 0.49
	HCFC123	CHCl <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	27.6	1.2 ~ 2.1	0.013 ~ 0.027	0.015 ~ 0.026
HCFCs	HCFC124	CHClFClF <sub>3</sub>	-12	5.3 ~ 10	0.013 ~ 0.030	0.08 ~ 0.145
	HCFC141b	CCl <sub>2</sub> FCH <sub>3</sub>	32	5.8 ~ 11	0.065 ~ 0.140	0.073 ~ 0.120
	HCFC142b	CH <sub>3</sub> CClF <sub>2</sub>	-9.8	15.1 ~ 28	0.035 ~ 0.077	0.29 ~ 0.51
	HFC125	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	-48.5	19 ~ 43	0	0.42 ~ 0.84
HFCs	HFC134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	-26.5	12.5 ~ 24	0	0.22 ~ 0.39
	HFC143a	CH <sub>3</sub> CF <sub>3</sub>	-47.6	40 ~ 73	0	0.63 ~ 0.97
	HFC152a	CHF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-25	1.3 ~ 2.7	0	0.024 ~ 0.045
Others	CCl <sub>4</sub>	CCl <sub>4</sub>	77	40 ~ 73	0.95 ~ 1.20	0.36
	HCCl <sub>4</sub> a	CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	74	4.7 ~ 7.8	0.092 ~ 0.200	0.022 ~ 0.026

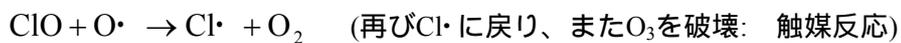
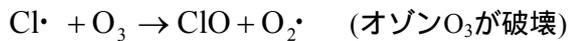
(a) Ozone Depletion Potentials: CFC11 を基準とした単位質量あたりのオゾン破壊能力の相対値

(b) Global Warming Potentials: CFC11 を基準とした単位質量あたりの温室効果の相対値

## オゾン層破壊のメカニズム

地球の成層圏におけるオゾン層破壊の問題はアメリカ、カリフォルニア大学ローランド教授らによるオゾン層破壊のメカニズムが提唱され、定着して、UNEP(国連環境計画)を中心に全世界的な対応が実行されつつある。そのオゾン層破壊のメカニズムは次による。

- 1) 地上で放出されたフロン(CFCs)の大部分は、対流圏に滞留しやがて分解されることなく成層圏に到達する。
- 2) 成層圏に到達したフロン(CFCs)は、太陽からの強い紫外線によって光分解され、塩素ラジカル( $\text{Cl}\cdot$ )を放出する。
- 3) この塩素はオゾン( $\text{O}_3$ )と反応し、オゾンが分解(破壊)される。



- 4) オゾン層が破壊されると、これまでオゾン層に吸収されていた有害な紫外線が地表面により多く到達することになり、その結果、皮膚がんの増加、生態系の変化等の悪影響が生じる。

## フロンの規制

UNEP によるフロンの国際的に規制のために、1985 年にオゾン層保護のためのウィーン条約が採択、1987 年にはモントリオール議定書が署名された。国際的にフロンの生産、消費が規制され、その後段階的に規制強化されてきている。

Table. 2.2 CFCs, HCFCs などの制限施行

物質名	削減スケジュール	
特定フロン <sup>(a)</sup>	1996 年以降	全廃
ハロン <sup>(b)</sup>	1994 年以降	全廃
その他のCFC <sup>(c)</sup>	1996 年以降	全廃
四塩化炭素	1996 年以降	全廃
1,1,1-トリクロロエタン	1996 年以降	全廃
HCFC <sup>(d)</sup>	1996 年以降	基準量 <sup>(e)</sup> 比 100%以下
	2004 年以降	65%以下
	2010 年以降	35%以下
	2015 年以降	10%以下
	2020 年以降	全廃
HBFC	1996 年以降	全廃
臭化メチル	1995 年以降	全廃

(a) CFC-11, 12, 113, 114, 115

(b) Halon-1211, 1301, 2402

(c) CFC-13, 111, 112, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217

(d) HCFC-21, 22, 31, 121, 122, 123, 124, 131, 132, 133, 141, 142, 151, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 231, 232, 233, 234, 235, 241, 242, 243, 244, 251, 252, 253, 261, 262, 271

(e) 基準量 = HCFC の 1989 年消費量算定値 + CFC の 1989 年消費量算定値 × 0.031

## 代替物質

### フロン類の分解生成物

本研究に用いたアルカリ性アルコールによるフロンの光脱塩素法は、法政大学工学部物質化学科の西海・佐藤らにより提案されている。 フロンをアルコール溶液中で様々な波長の紫外線を照射して、フロンを脱塩素化し、溶媒のアルコールから水素を供給することで塩素を含まないフロンの合成ができる。 低圧水銀灯(極大波長: 253.7nm)を用いたフロンの光分解による生成物を Table2.3 に示す。

Table.2.3 低圧水銀灯を用いたフロンの光分解による生成物

Chlorinated compounds	Solvent		
	Methanol + NaOH	2-Propanol + NaOH	2-Propanol
CFC11	HCFC21	HCFC31	
CFC12	CHF2OCH3	CHF2OCH(CH3)2	HCFC22
CFC112	CCIF=CCIF	CCIF=CCIF	HCFC132
	CHF=CCIF	CHF=CCIF	
CFC113	CHCFCF2OCH3	CHCFCF2OCH(CH3)2	HCFC123a
		(CH3)2CHOCHFCHF2	
		HFC143	
CFC114	Not reacted	HCFC124a	HCFC124a
CFC115	Not reacted	HFC125	Not reacted
HCFC22	CHF2OCH3	CHF2OCH(CH3)2	Not reacted
HCFC123	HCFC133a	HFC143a	HCFC133a
HCFC123a	CHCFCF2OCH3	CHCFCF2OCH(CH3)2	Not reacted
		(CH3)2CHOCHFCHF2	
		HFC143	
HCFC141b	HCFC151a	HCFC151a	Not reacted

## 代替物質の開発

Fig.2.2 にフロンの推移を示す。

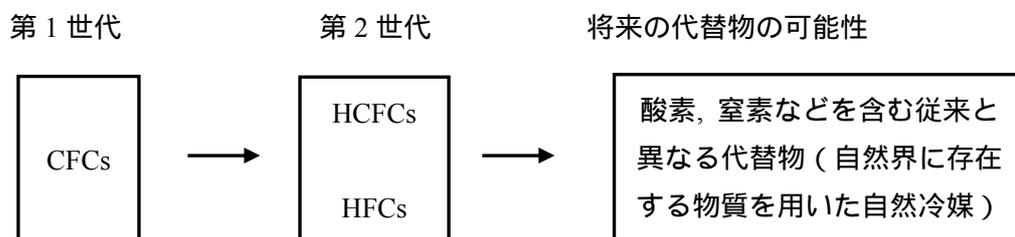


Fig. 2.5 フロンの推移

これまで使用されてきた CFCs を”第1世代のフロン”と呼び、これに変わる現在のフッ素系代替物質である HCFCs と HFCs を”第2世代のフロン”と呼ぶ。

HCFCs 類は分子内に水素原子を含んでいるため、対流圏で水酸ラジカルなどの化学反応によって分解するため寿命が比較的短く、成層圏まで達するのは一部に過ぎない。よって CFC の代替物候補として注目され、開発が進められてきた。しかし、塩素原子を含む化合物なので、オゾン層の可能性はゼロではなく、2020 年以降全廃することが決定している。

HCFCs のより無害な化合物の1つに、塩素原子を含まない HFCs への転換があげられる。例えば、HCFC22 の代替物候補である HFC125 は国産化が具体化しており、ダイキン工業が2001年3月に本格生産に踏み切ったのに続いて、旭硝子工業も昭和電工との提携関係を拡大する形で2002年10月に生産を開始した。現状では、HFC125 の内需は2003年に4000トン以上になっている。

また、高機能なフッ素系の化合物に酸素、窒素、硫黄、ケイ素などのヘテロ原子を導入した化合物を”第3世代のフロン”として検討する動きがある。もちろん、第3世代のフロンは塩素原子を含まず、大気寿命を短くするために水素原子を導入した構造が基本となることは言うまでもない。またこれらの化合物は、フッ素原子の特性を利用した CFC に近い性質を示すフッ素系の化合物にヘテロ原子を導入することで CFC 中の塩素原子の果たしてきた新油性を補うことができる。また塩素原子の果たしてきたもう1つの役割である沸点の調節については分子量を大きくすることで対応しようというものである。

第3世代のフロンを開発するためには可能性のある種々の化合物を合成し、これらの化合物の基本物性や環境影響、毒性などの安全性について検討する必要がある、この中で優れた代替物候補が明らかになっても工業化するまでには長い時間を要するが、これらの開発研究は早期に行う必要がある。

### 第3章 理論

#### Henry の法則

溶質濃度の小さい希薄溶液では、液濃度は気体の分圧に比例する。これを Henry の法則という。

$$\frac{Py_i}{x_i} = \frac{p_i}{x_i} = H_{ij} \quad (3.1)$$

$P$  : 全圧[MPa]

$p_i$  : 成分  $i$  の分圧[MPa]

$y_i$  : 成分  $i$  の気相のモル分率[-]

$x_i$  : 成分  $i$  の液相のモル分率[-]

$H_{ij}$  : Henry 定数[MPa]

ここで、メタノール溶液中に溶解するフロンの Henry 定数は、当研究室の過去の実験値をもとに、Valentiner 式により決定した。

Valentiner によれば、気体の溶解度の温度による変化は、圧力一定のもとでは、次式で表されることを示している。

$$\ln H = a + \frac{b}{T} + c \ln T \quad (3.2)$$

T: 温度[K]

ここに a, b, c は系の種類によって定められる定数である。

Table 3.1. フロン-メタノール系の Valentiner 定数

フロン	$a$	$b$	$c$
CFC12	92.516	-5869.633	-12.501
HFC125	-215.617	7822.205	33.489
HFC152a	-487.045	18819.437	74.57
HFC32	-70.077	1663.16	11.6

## 第4章 予備実験

### 4.1 流量計の校正

本研究で用いた流量計は、 $N_2$ 用とフロン用の2本である。これらの流量計を、水上置換法により校正した。Fig. 4.1 は水上置換法の装置図である。

注意すべきことは以下のとおりである。

1. 流量計のメモリを読む際、玉の下で読むこと。(読み易いから。)
2.  $N_2$ と各フロンが水に飽和溶解してから、水上置換をすること。(  $N_2$ 、各フロンともに水に溶けるので、飽和溶解する前に水上置換を行うと、実際の流量よりも少ない流量を見積もることになる。)
3. 実験で使う範囲の流量を、中心(5点以上)にとること。

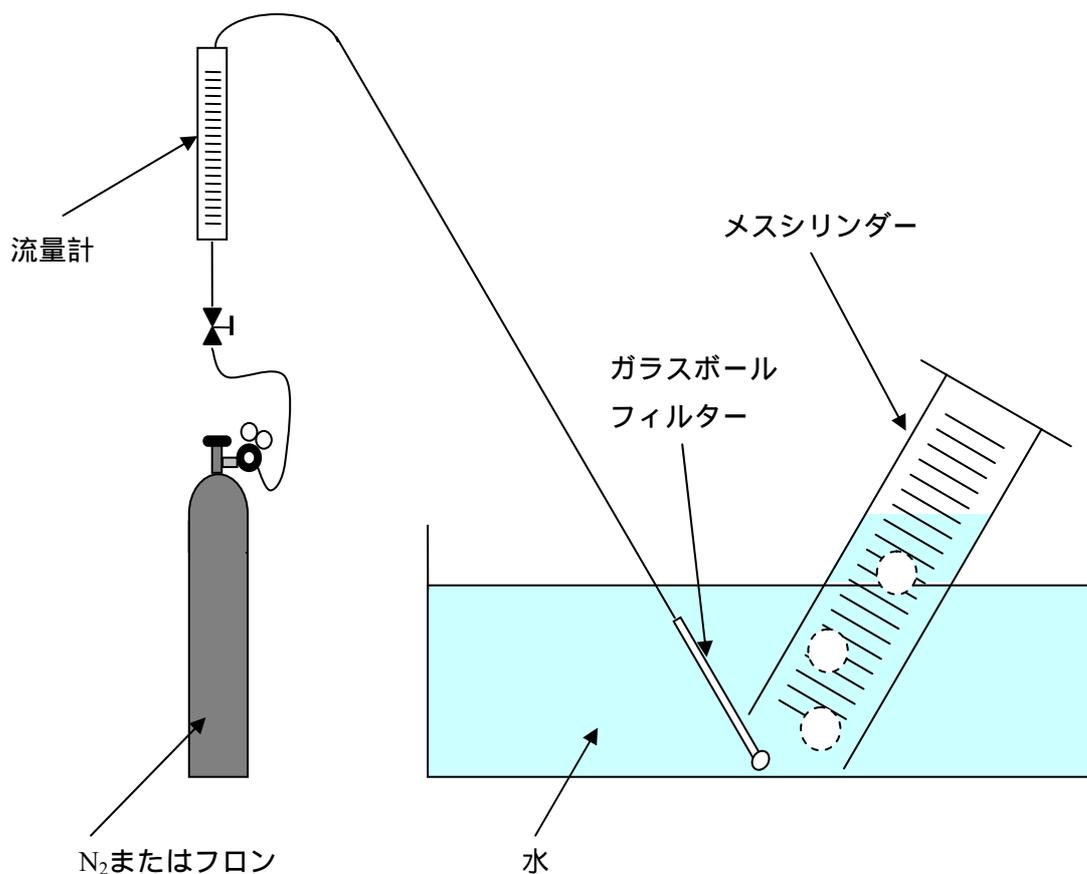


Fig. 4.1 水上置換法の装置図

# N<sub>2</sub>の流量校正

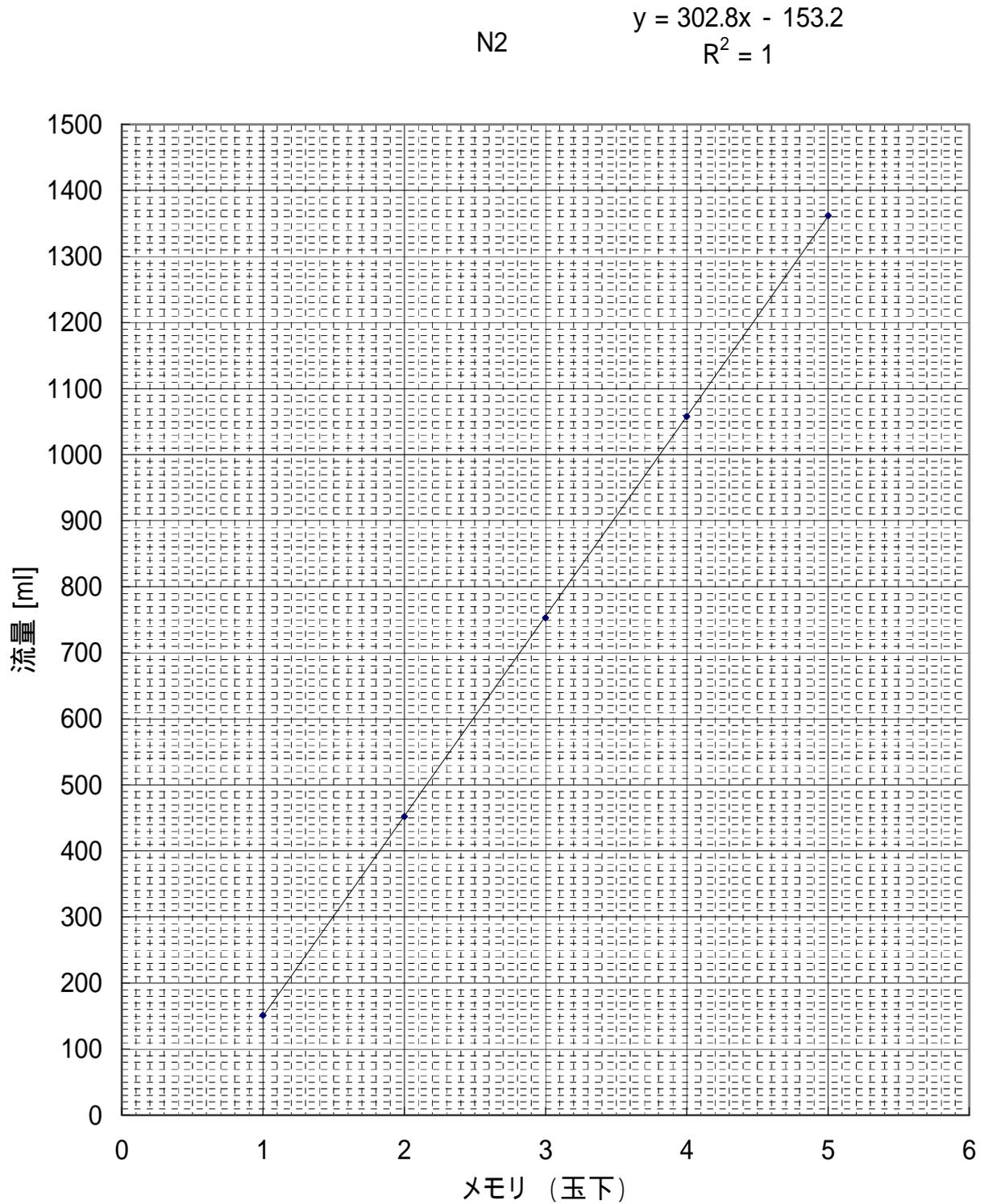


Fig. 4.2 N<sub>2</sub>の流量校正

# CFC12 の流量校正

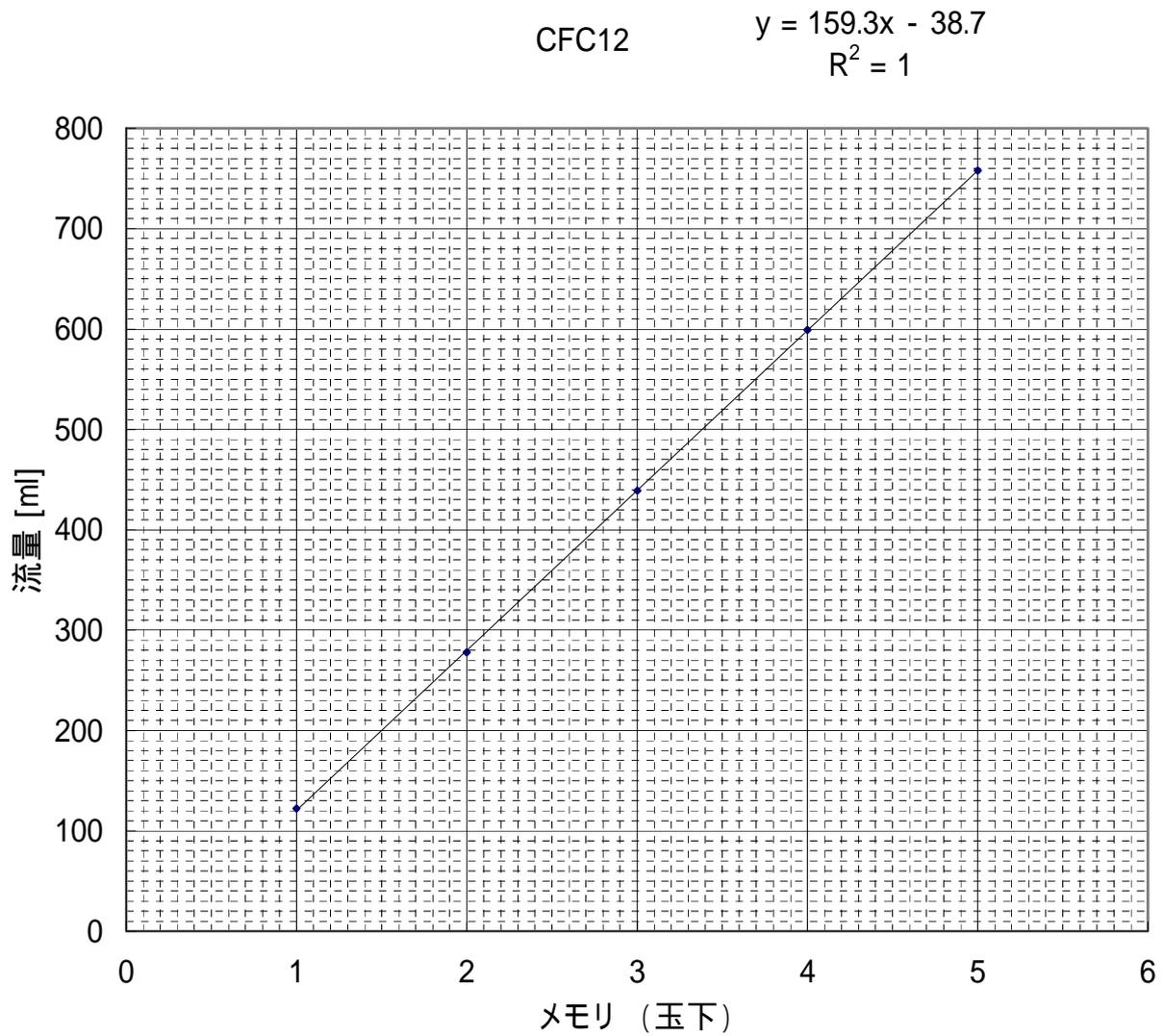


Fig. 4.3 CFC12の流量校正

# HFC125 の流量校正

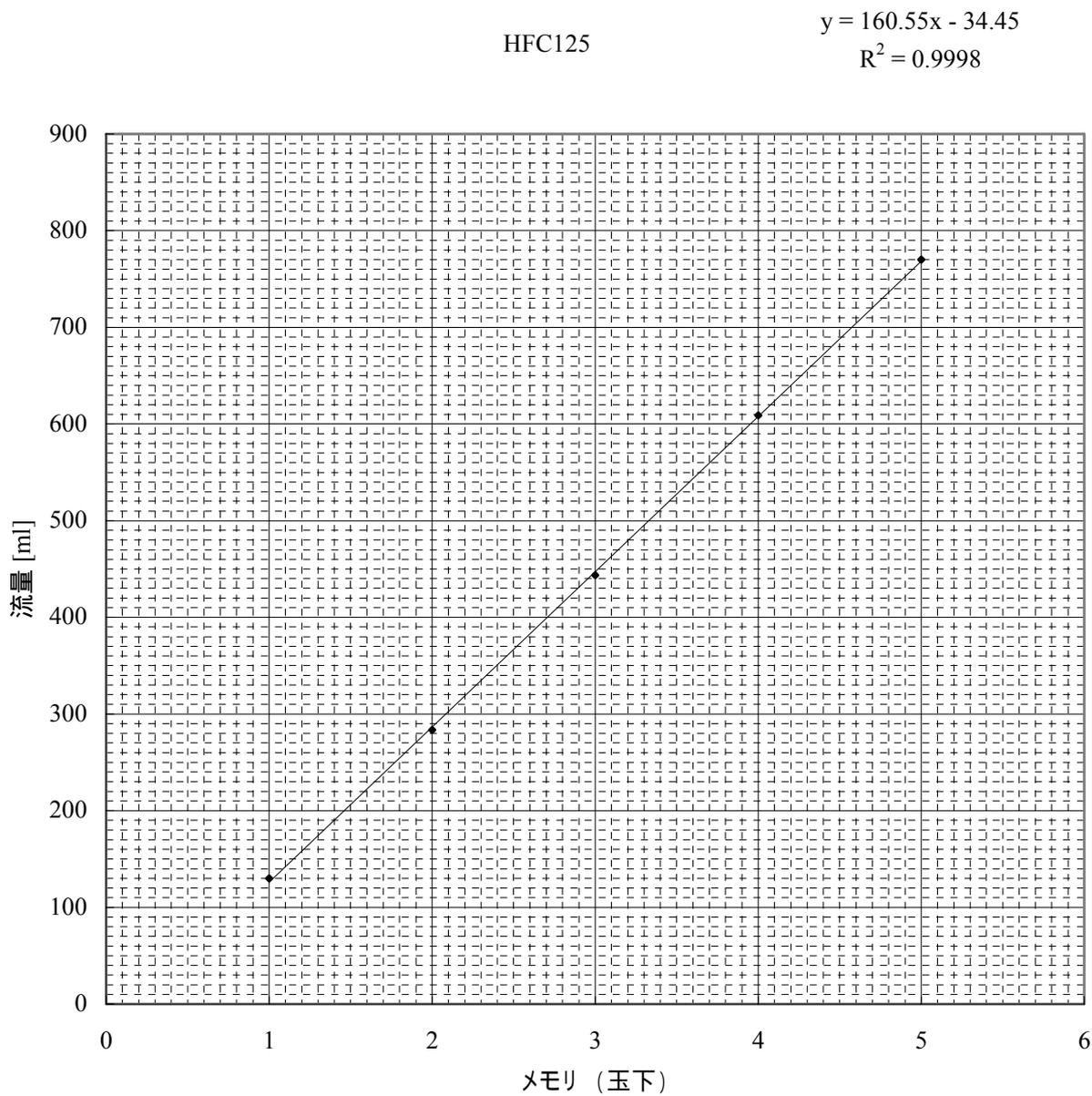


Fig. 4.4 HFC125 の流量校正

# HFC152a の流量校正

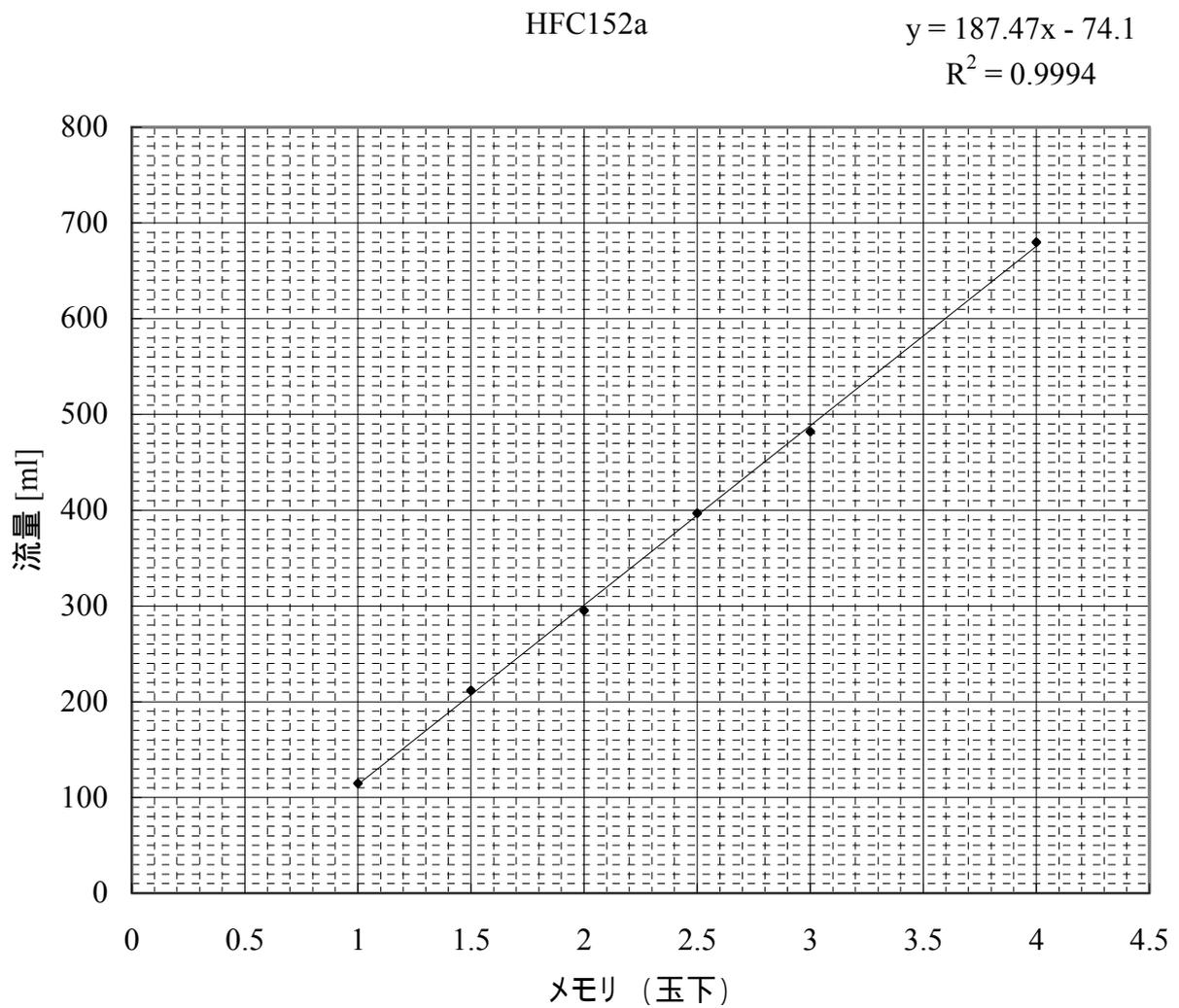


Fig. 4.5 HFC152a の流量校正

# HFC32 の流量校正

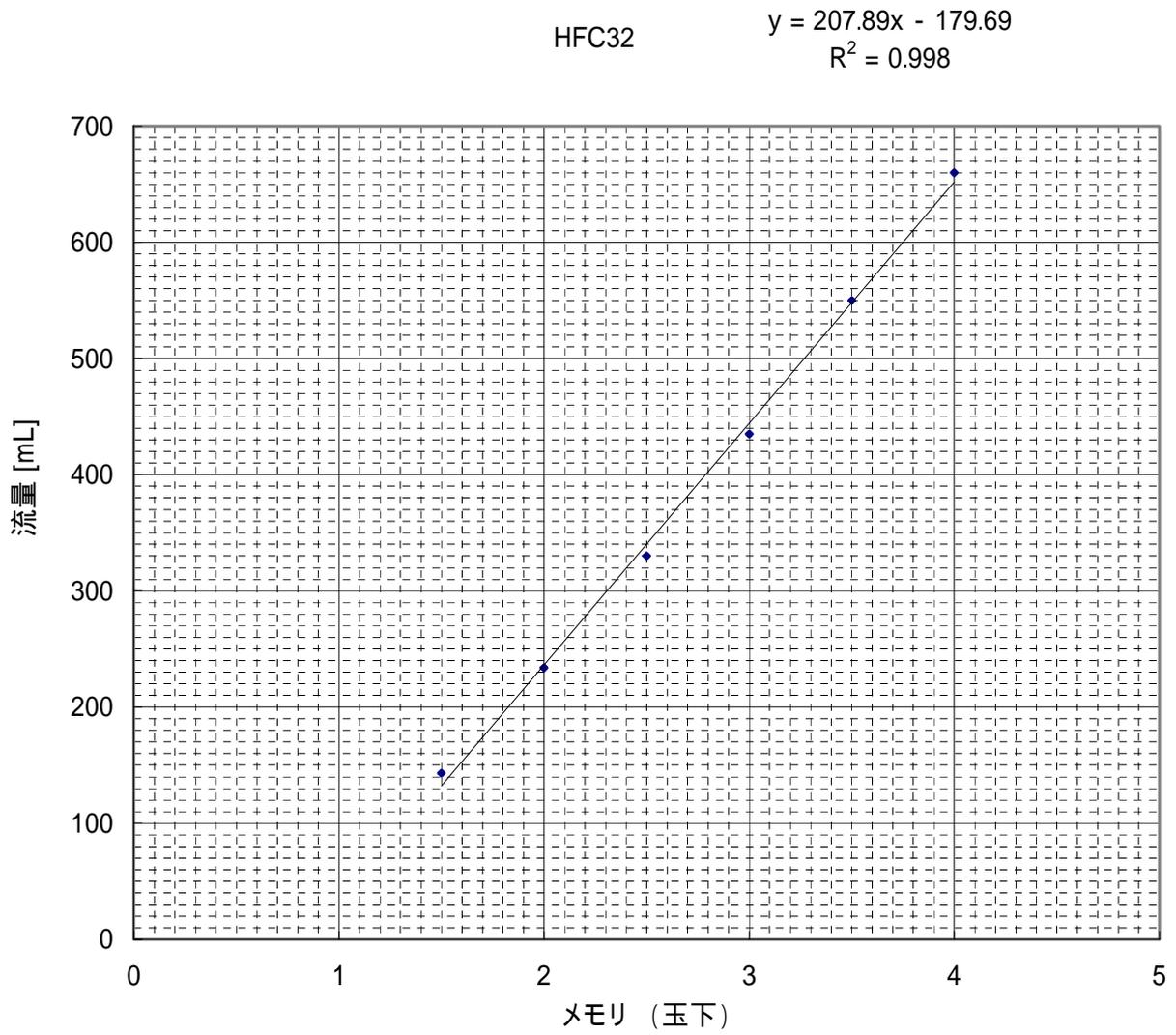


Fig. 4.6 HFC32 の流量校正

## フロンの分圧計算

フロンの分圧  $p_{\text{フロン}}$  [kPa] は次式によって与えられる。

$$p_{\text{フロン}} = \frac{Q_{\text{フロン}}}{Q_{\text{フロン}} + Q_{N_2}} \times p_0 \quad (4.1)$$

ここで、 $Q_{\text{フロン}}$  : フロンの流量 [mL/min],  $Q_{N_2}$  :  $N_2$ の流量 [mL/min],  $p_0$  : 大気圧 [kPa] である。

## 4.2 CFC12, HFC125, HFC152a, HFC32 の検量線

### 検量線式の正しい導き方

各フロンを検量線の測定は、絶対検量線法を用いて行った。この方法は、目的成分の標準物質を用い、その絶対量とピーク面積との関係性を求め、定量分析を行うものである。以下に CFC12 を例にとり、具体的な手順を記載する。

1. 30 (やり易い温度) で CFC12 をメタノールに飽和溶解させる。
2. Valentiner式から $x_{12}$ を導く。

$$\ln H = a + \frac{b}{T} + c \ln T \quad (3.2)$$

$a = 92.516, b = -5869.633, c = -12.501, T = 303.15$  として  $H$  を求める。

Henryの法則  $p_{12} = H \cdot x_{12}$  に $p_{12}$ と $H$ を代入し、 $x_{12}$ を算出する。

$$x_{12} = 0.0181$$

ここで、 $p_{12} = 0.1013 \text{ MPa}$  (CFC12 を全圧にして、大気開放しているため、 $= 0.1013 \text{ MPa}$ )

3.  $C_{12}^*$ を求める。

まず、メタノールのモル濃度 $C_{Me}$ を求める。

$$C_{Me} = \text{メタの密度} \times (1/\text{メタの分子量})$$

$$C_{Me} = 787 \text{ g/L} \times (1/32) \text{ mol/g} = 24.6 \text{ mol/L}$$

ここで、モル分率の比 = モル濃度の比 なので、

$$x_{12} : x_{Me} = C_{12}^* : C_{Me}$$

$$C_{12}^* = 0.0181 \times 24.6 / (1 - 0.0181) = 0.454 \text{ mol/L}$$

4. 検量線を作る。

注入量 [g] に対して、 $n_{12}$  [mol] がわかれば、 $n_{12}$  - Area のグラフが描ける。

$$n_{12} = C_{12}^* [\text{mol/L}] \times \text{注入量} [\text{g}] / \text{メタの密度} [\text{g/L}]$$

5.  $n_{12}$  - Area をプロットし、直線の傾きを出す。

$$n_{12} = \quad \cdot \text{Area} \quad (4.1)$$

6. (4.1)式を利用し、今後の実験で $C_{12}$  [mol/L] を算出する。

$$C_{12} [\text{mol/L}] = n_{12} [\text{mol}] / \left( \frac{\text{注入量} [\text{g}]}{\text{メタの密度} [\text{g/L}]} \right)$$

注意することは以下のとおりである。

- ・検量線は実験結果として得られるオーダーでとらないと、信頼性がなくなる。
- ・一定温度で検量線を作成すること。

## ガスクロマトグラフィーの分析条件

本研究では、フロンの溶解度を測定するため、ガスクロマトグラフィーを使用した。以下の Table. 4.1 にガスクロマトグラフィーの分析条件を記載する。

Table. 4.1 ガスクロマトグラフィーの分析条件

SHIMAZU GC8A	
Column :	Porapak - T 80/100mesh(3m (3φ))
INJ Temp :	120
COL Temp :	100
Current :	120mA
Attenuation :	32
Carrier :	2.0ml/min(He)
File No :	0
Attenuation :	32
Chart Speed :	5
End Time :	50
M.A :	1000
M.H :	10
M.W :	0.5
Twice Time :	0
Cal Method :	0
R. . T	CFC12 : 8.6 min
	HFC125 : 6.6 min
	HFC152a : 9.9 min
	HFC32 : 4.5 min

注意することは以下のとおりである。

1. 試料気化室でアルカリが固化するので、定期的に掃除をすること。(掃除をしたり、エージングをしたら、もう一度検量線を作らなければならない。)
2. 検量線は同じ分析条件でしか使うことができないので、うかつに分析条件を変えないこと。
3. ガスクロに不具合が起きて、もし解決しない場合、東京島津科学サービス株式会社の木口さん(Tel : 03-5820-3271) に電話して、相談すること。

# CFC12 の検量線

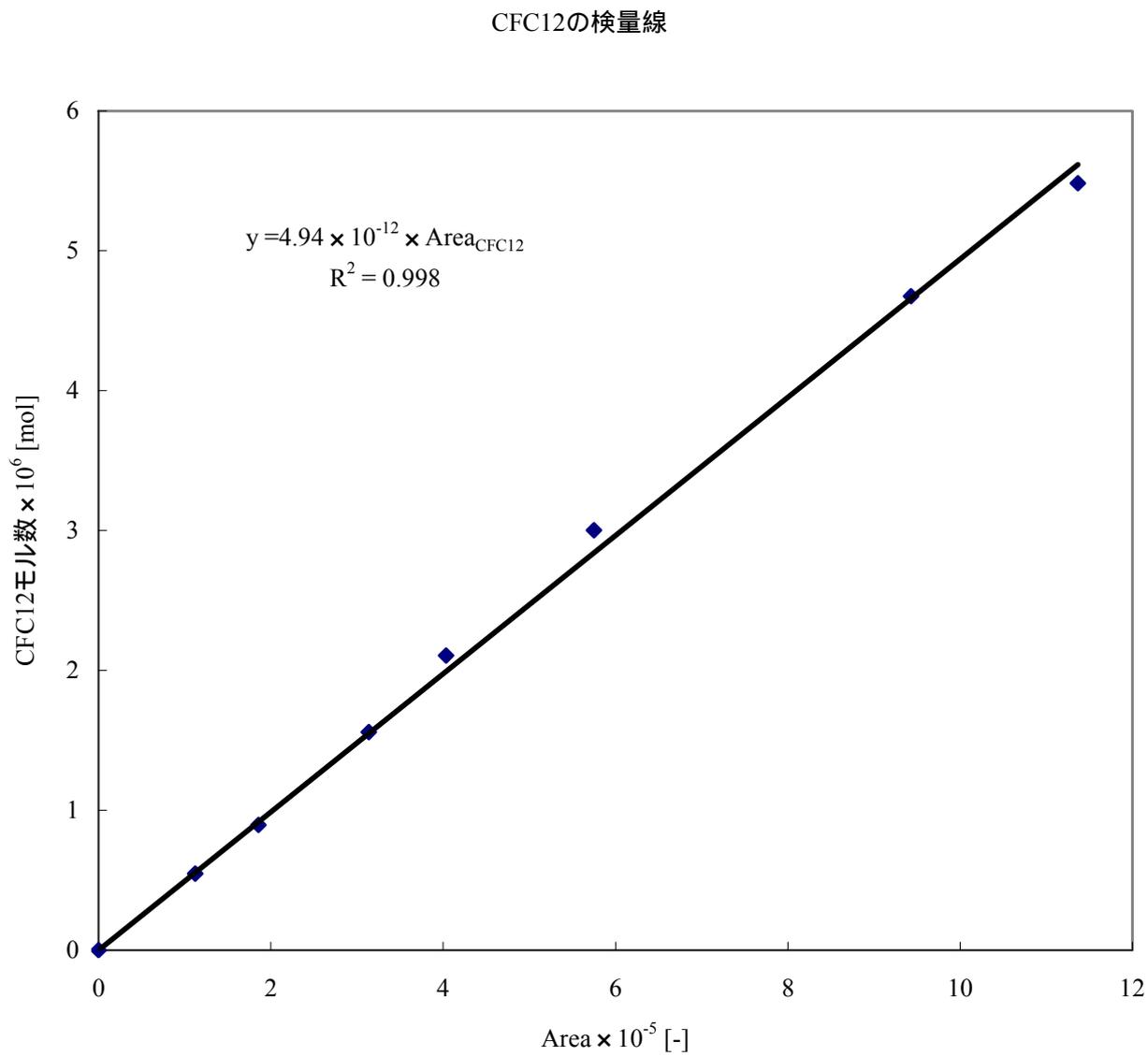


Fig. 4.7 CFC12 の検量線

# HFC125 の検量線

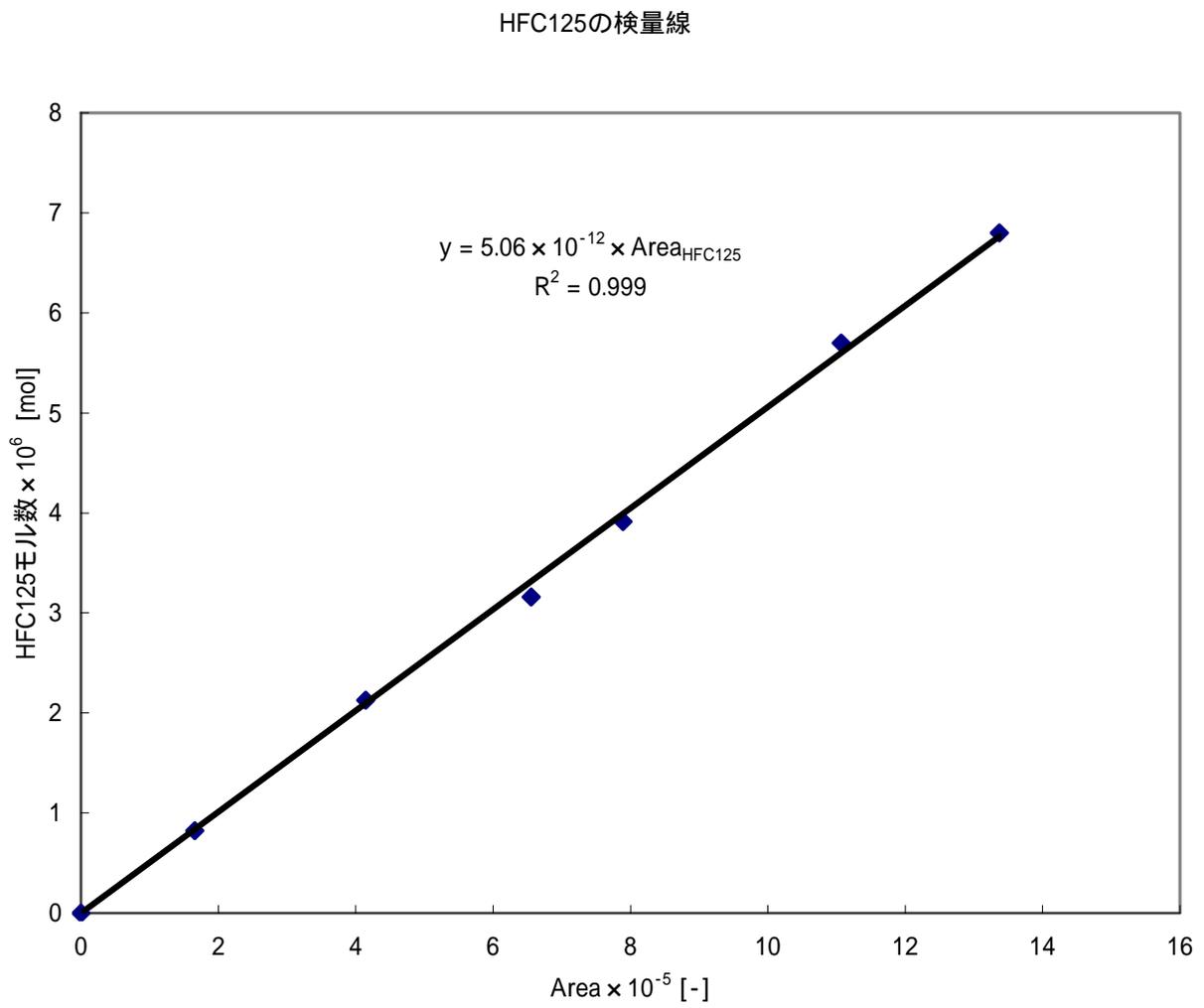


Fig. 4.8 HFC125 の検量線

# HFC152a の検量線

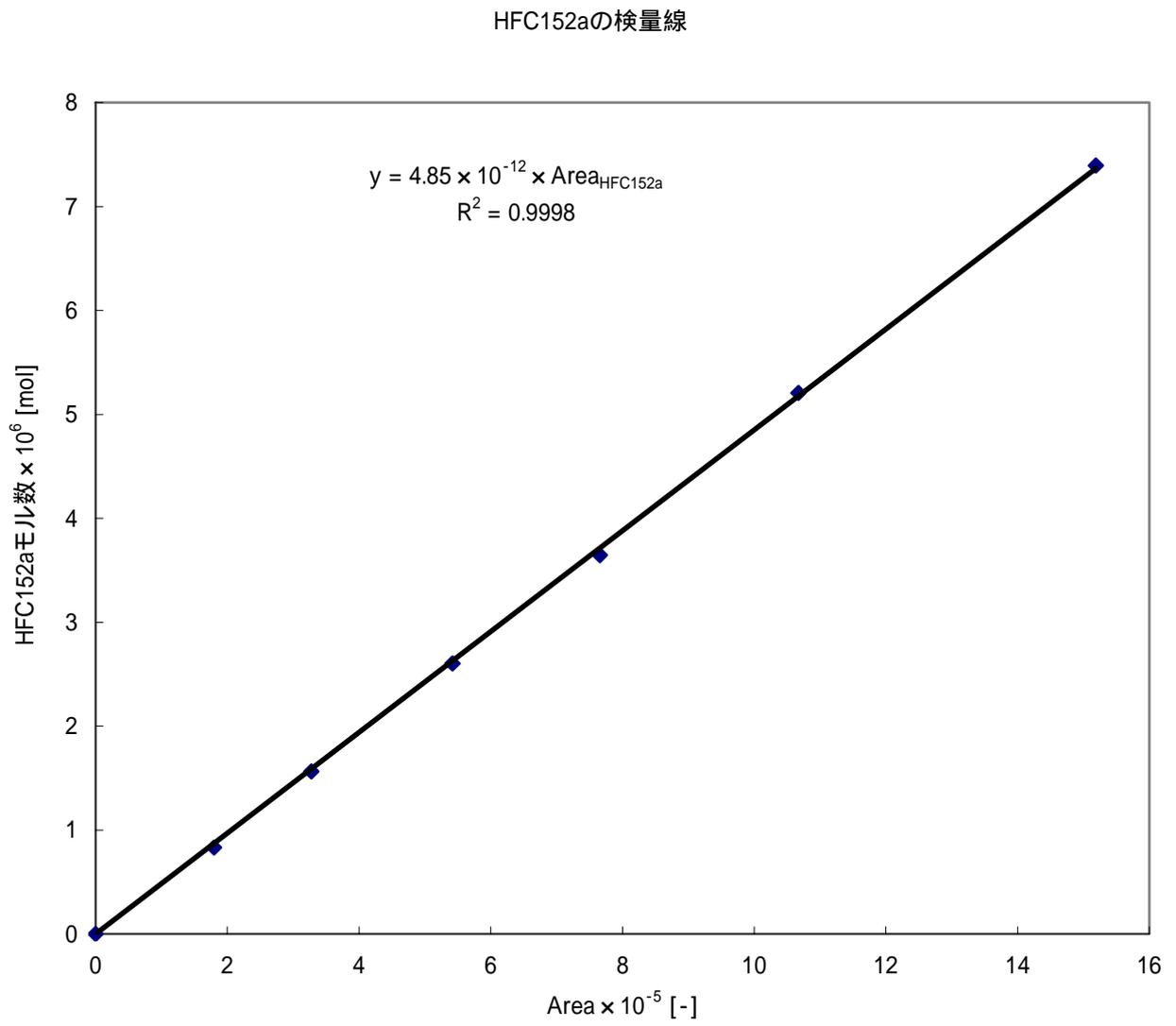


Fig. 4.9 HFC152a の検量線

# HFC32 の検量線

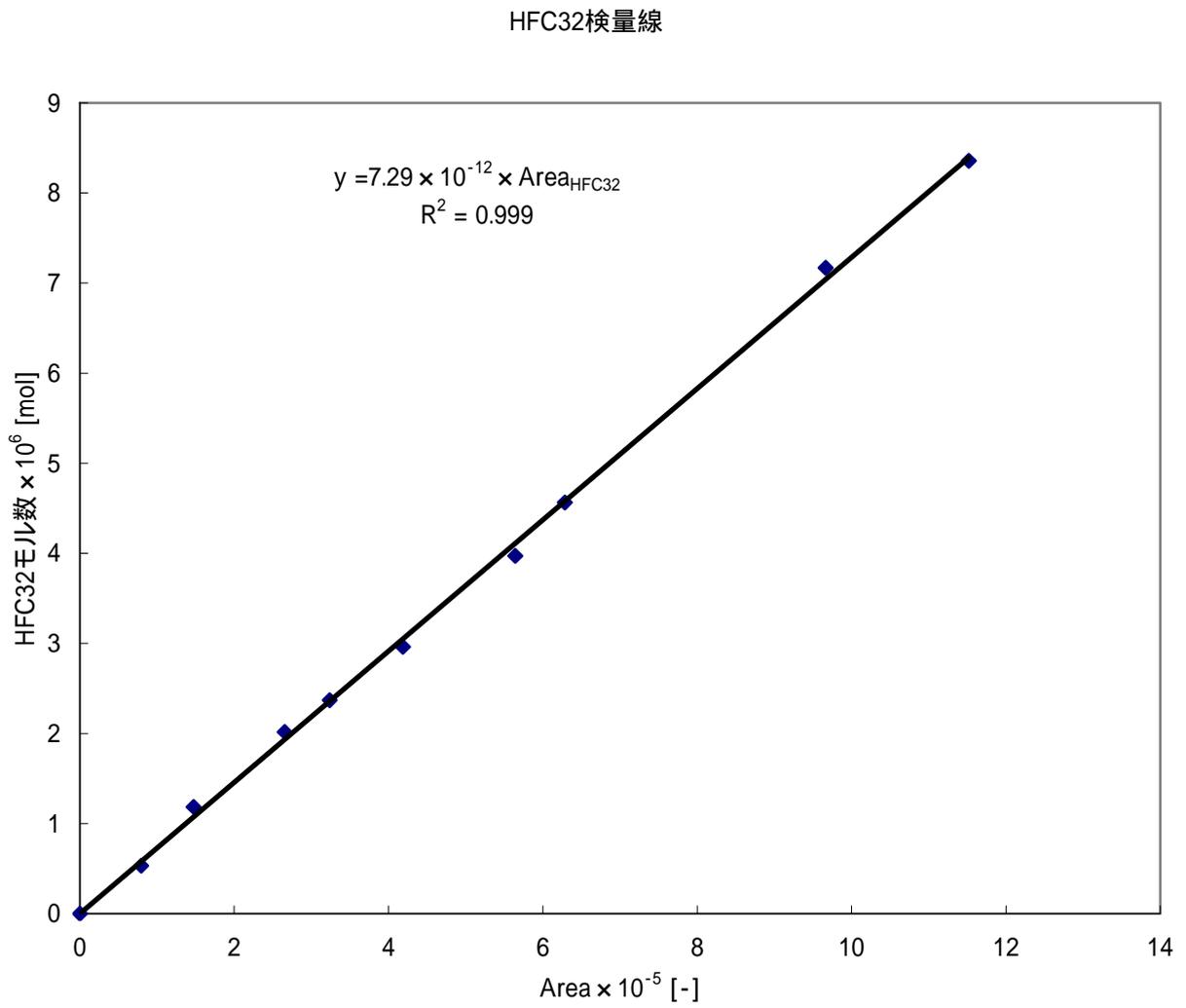


Fig. 4.10 HFC32 の検量線

## 第5章 実験

### 実験装置図

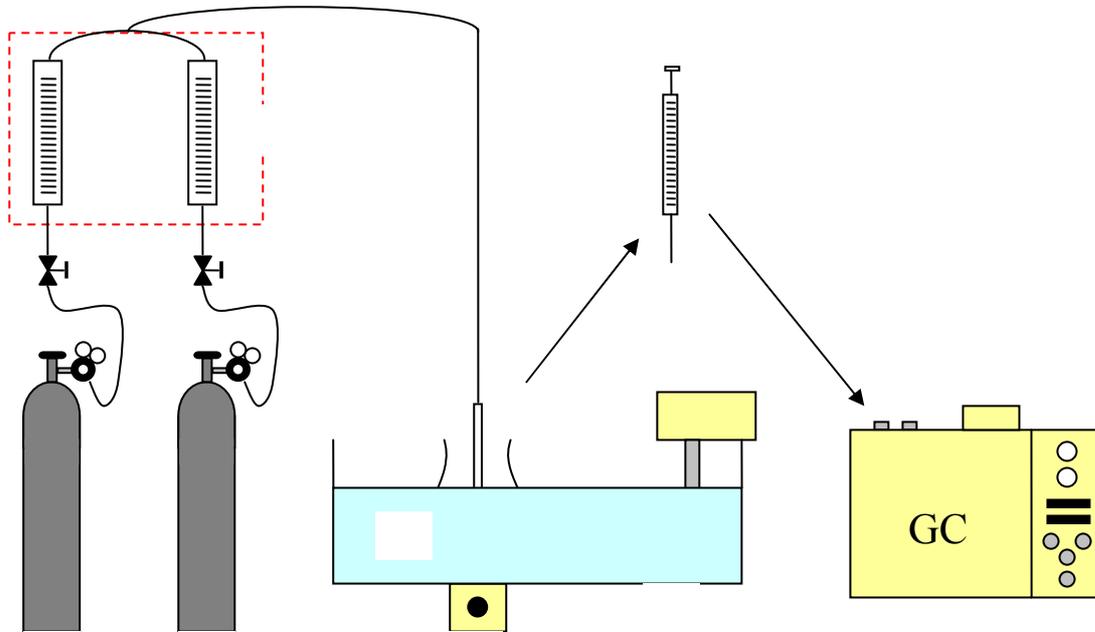


Fig. 5.1 実験装置図

フロン 窒素 流量計 ボールフィルター セル 温度調節器 マグネチックスターラー ウォー  
ターバス マイクロシリンジ ガスクロマトグラフィー

## 実験方法

モレキュラーシーブスを用いて脱水したメタノールにNaOHを目的濃度まで溶解させる。ウォーターバスでこの溶液温度を目的温度で固定する。安定したところでフロン分圧をN<sub>2</sub>で調整し、ガラスボールフィルターを通して溶液にバブリングさせる。同時に、完全混合にするため、マグネチックスターラーを用いて攪拌する。フロンが飽和溶解したら、マイクロシリンジで適量をサンプリングし、ガスクロマトグラフィー(島津:GC8A)で溶液中のフロン濃度を分析する。なおすべての実験は大気圧下で行った。

## 実験におけるパラメータ

実験におけるパラメータは以下のものである。

1. 温度 ( 0, 10, 20, 30, 40 )
2. フロン分圧 ( 101.3, 50, 25 kPa )
3. NaOH 濃度 ( 0, 0.5, 1, 2, 3, 4 mol/L )

注) 本研究の結果から、メタノール-NaOH 溶液の Henry 定数は、フロン分圧に依存しないことがわかったので、今後もし同様の研究をする場合は、フロン分圧をパラメータに加える必要はない。

## 第6章 実験結果

CFC12, HFC125, HFC152a, HFC32 についての実験結果を載せる。 HFC134a, HCFC22 についての結果は過去の研究からの引用であり、それぞれ、2004年度卒業 森田修 氏の卒論、2002年度卒業 天野文貴 氏の卒論 データのものである。

各フロンごとに、任意の温度でのフロンの溶解度と Henry 定数を順に載せた。

## 6.1 CFC12 の溶解度と Henry 定数

### 0 における CFC12 の溶解度

0

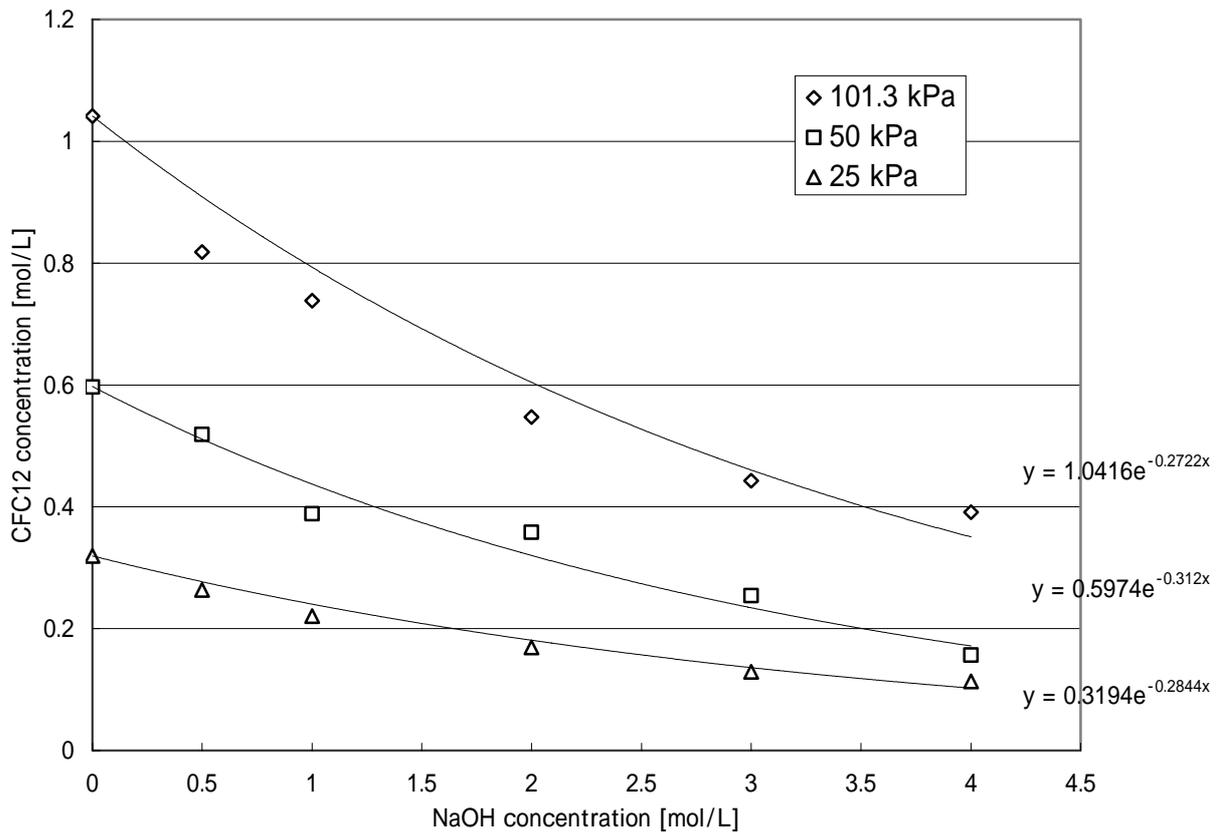


Fig. 6.1 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 濃度

# 0 における CFC12 の Henry 定数

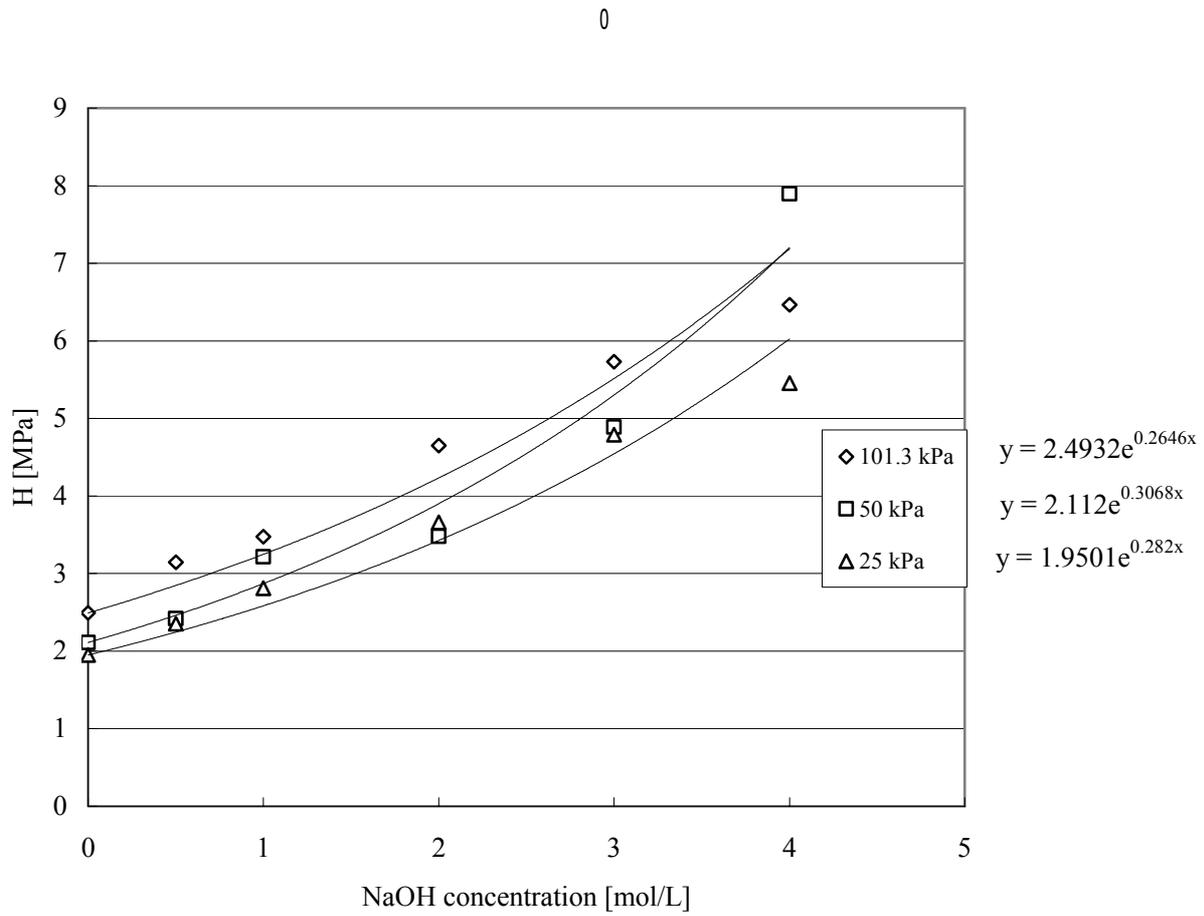


Fig. 6.2 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 の Henry 定数

# 10 における CFC12 の溶解度

10

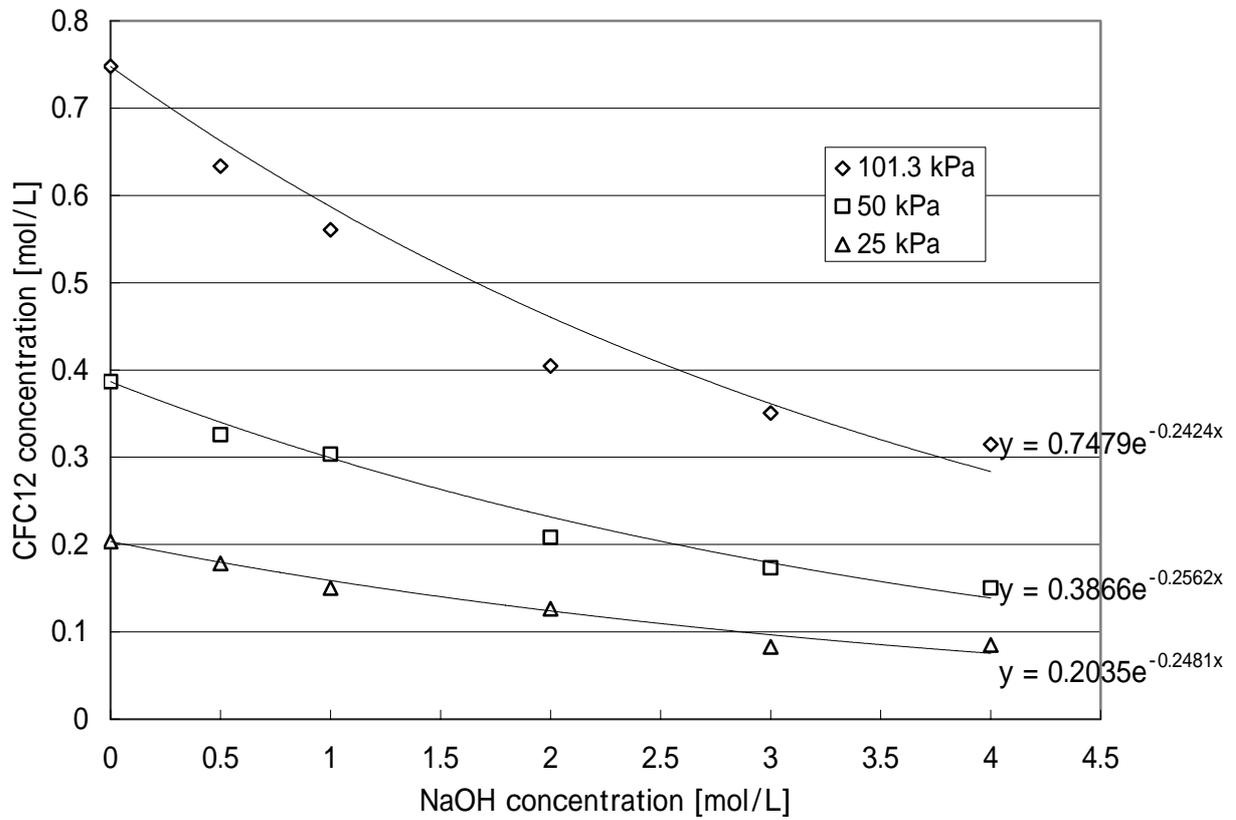


Fig. 6.3 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 濃度

# 10 における CFC12 の Henry 定数

10

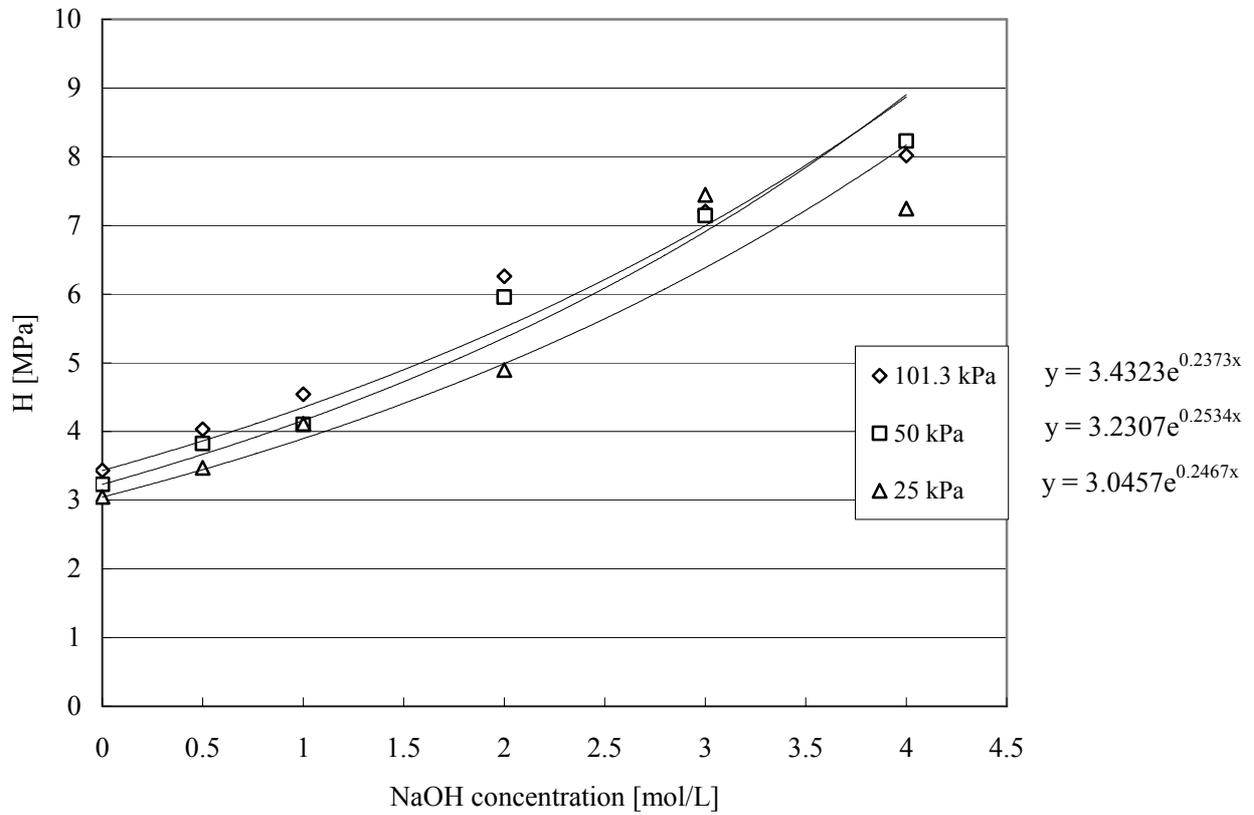


Fig. 6.4 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 の Henry 定数

20 における CFC12 の溶解度

20

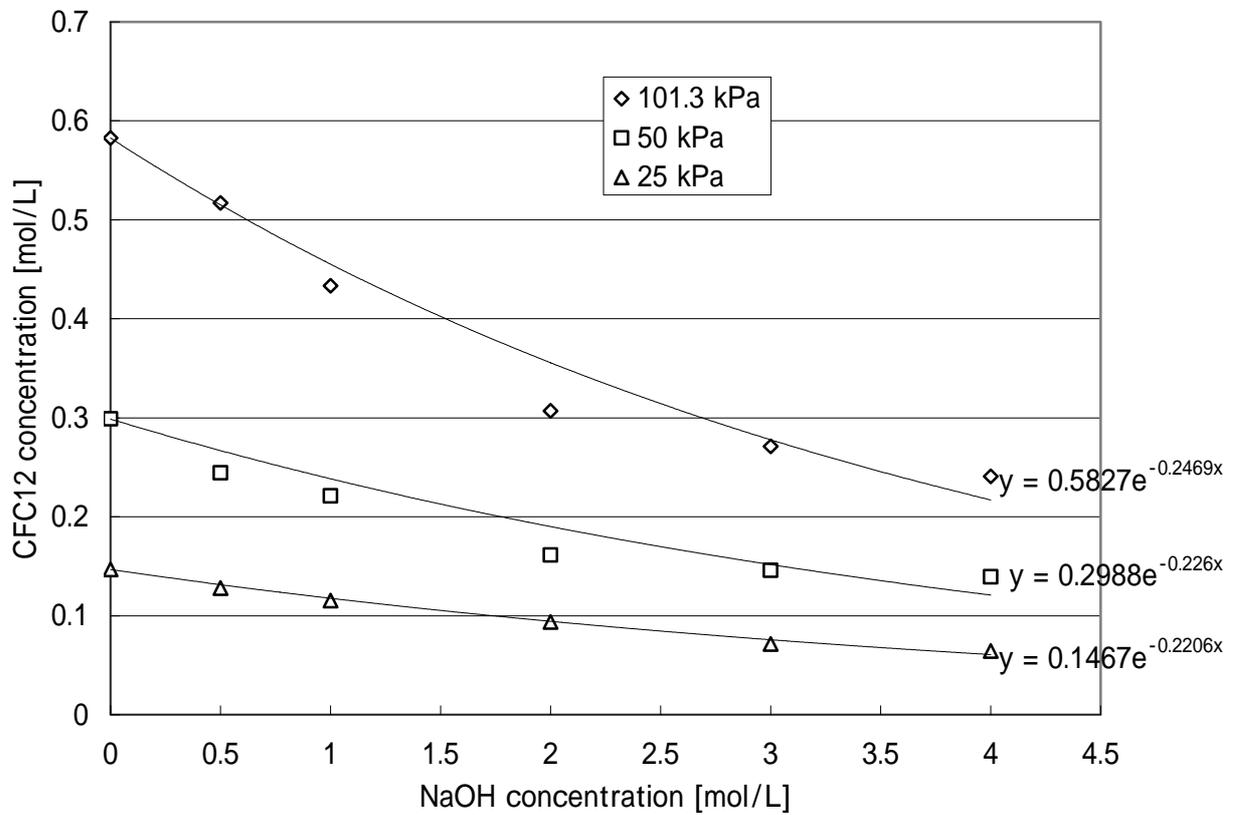


Fig. 6.5 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 濃度

20 における CFC12 の Henry 定数

20

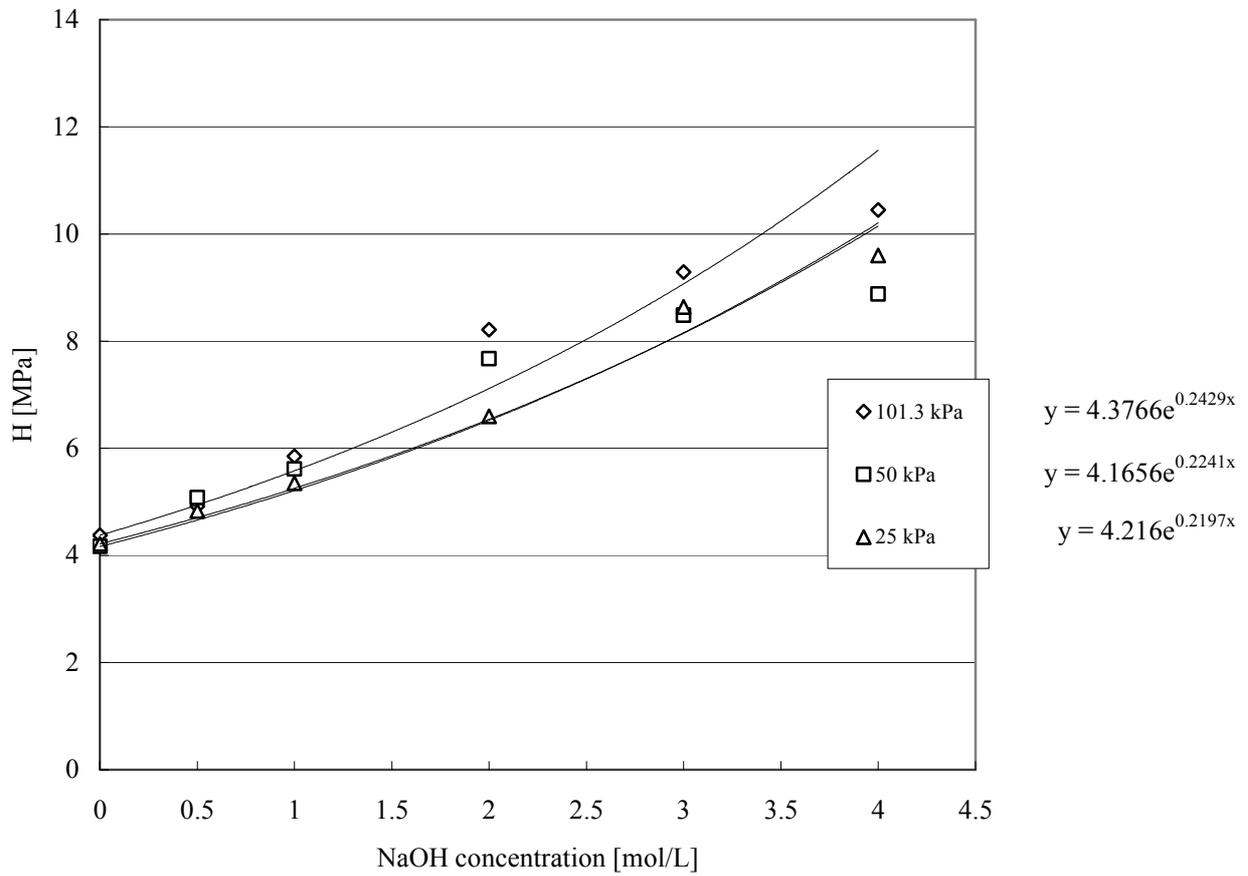


Fig. 6.6 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 の Henry 定数

30 における CFC12 の溶解度

30

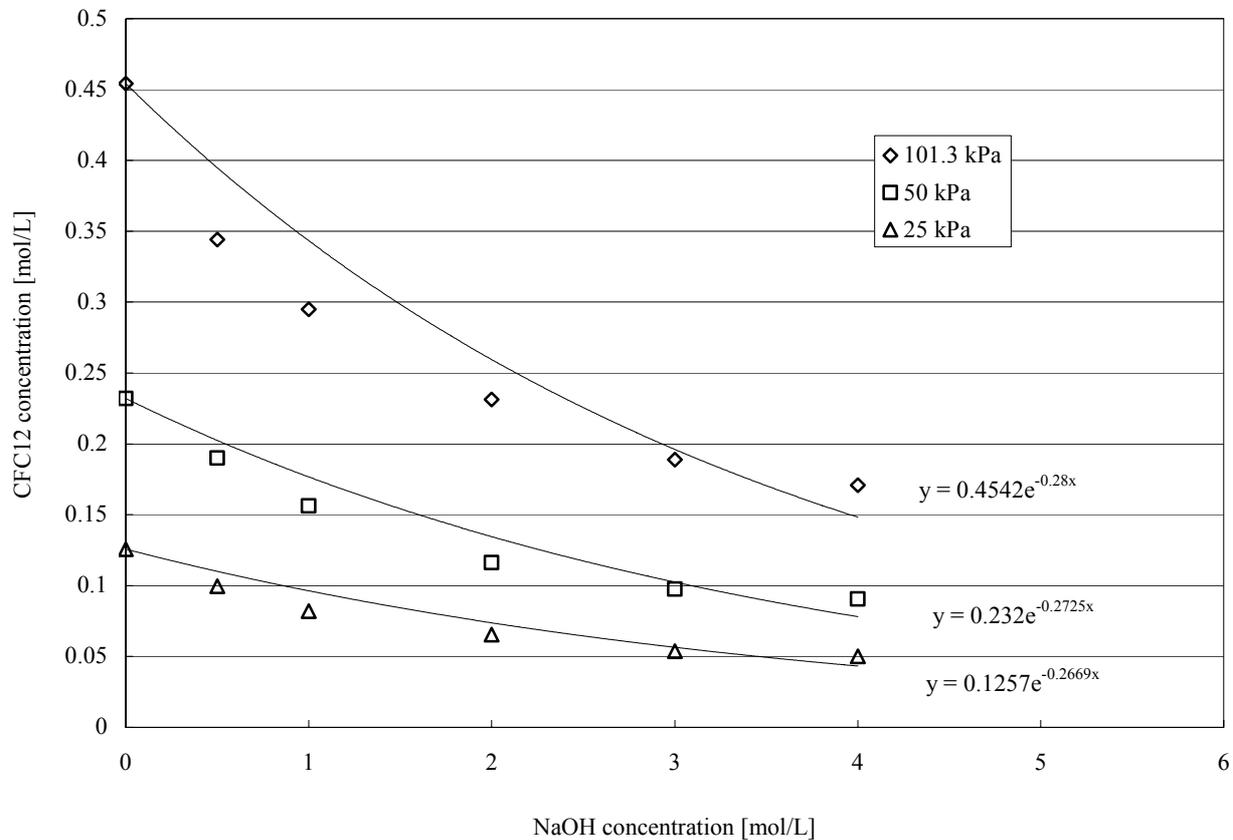


Fig. 6.7 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 濃度

30 における CFC12 の Henry 定数

30

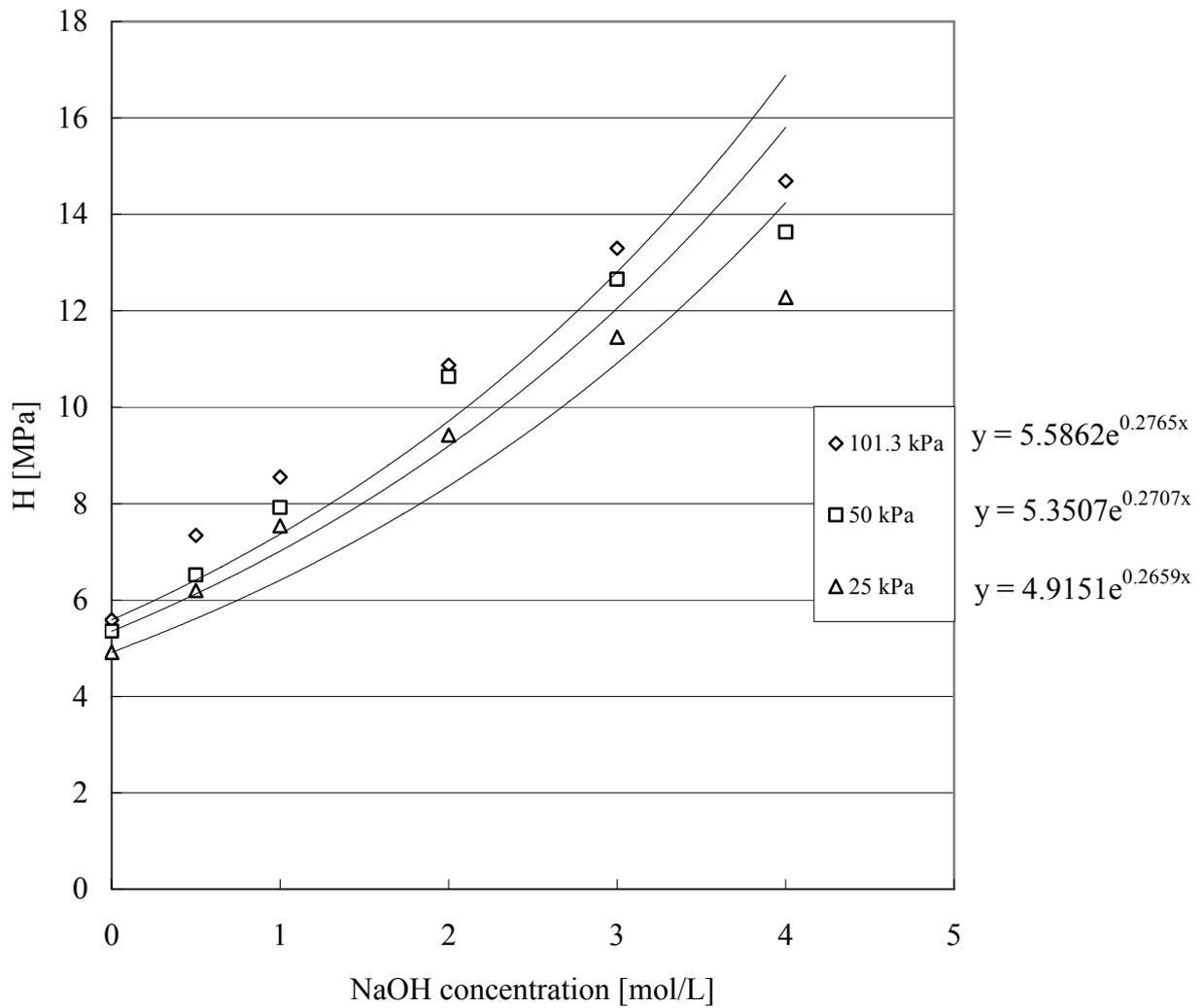


Fig. 6.8 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 の Henry 定数

# 40 における CFC12 の溶解度

40

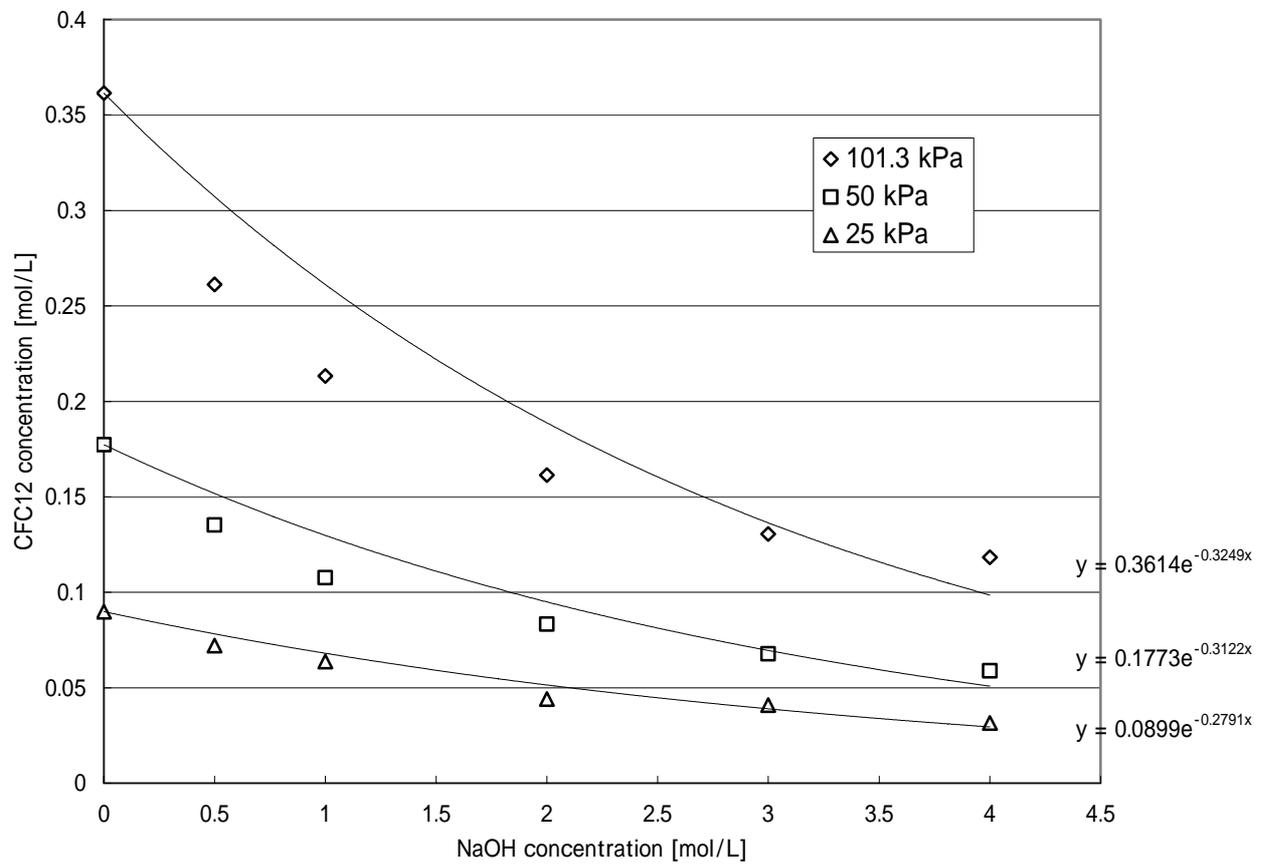


Fig. 6.9 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 濃度

# 40 における CFC12 の Henry 定数

40

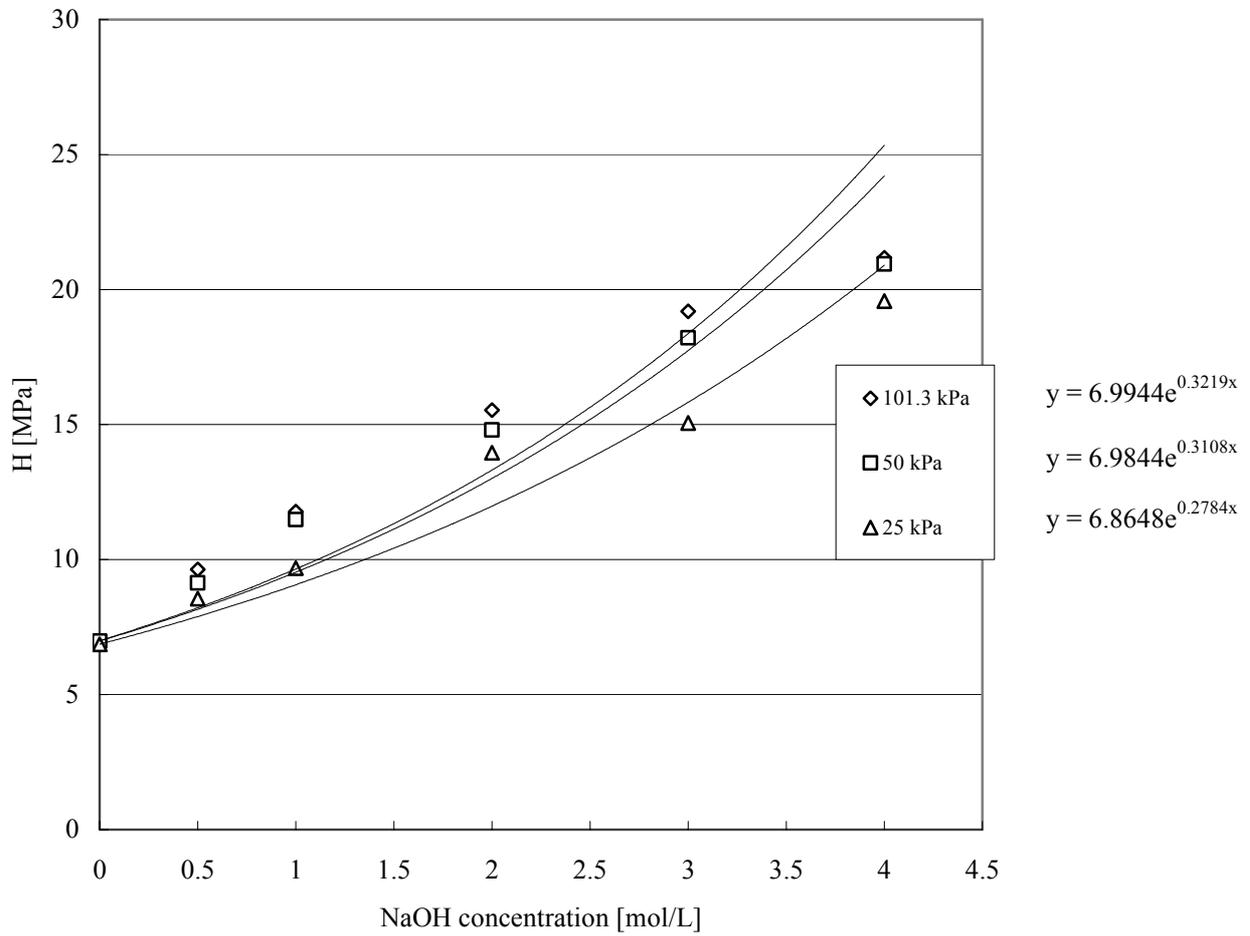


Fig. 6.10 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 の Henry 定数

## 6.2 HFC125 の溶解度と Henry 定数

### 0 における HFC125 の溶解度

0

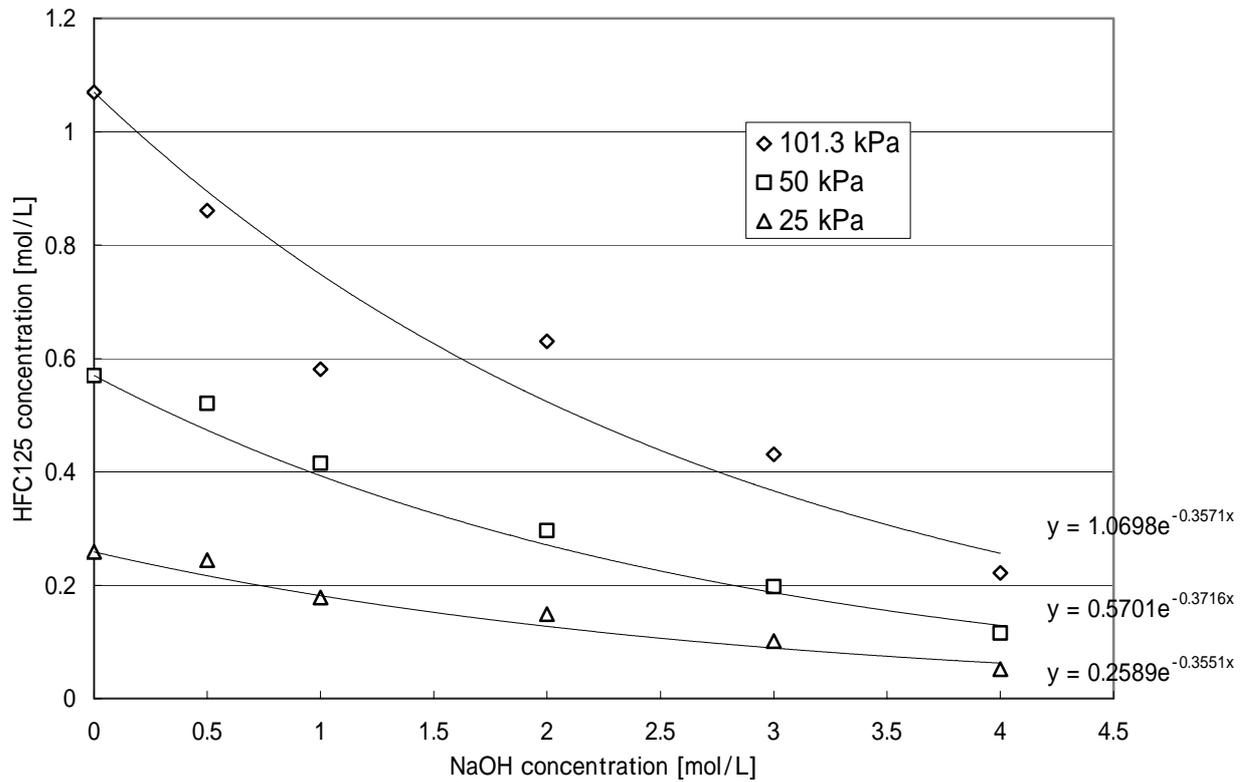


Fig. 6.11 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 濃度

# 0 における HFC125 の Henry 定数

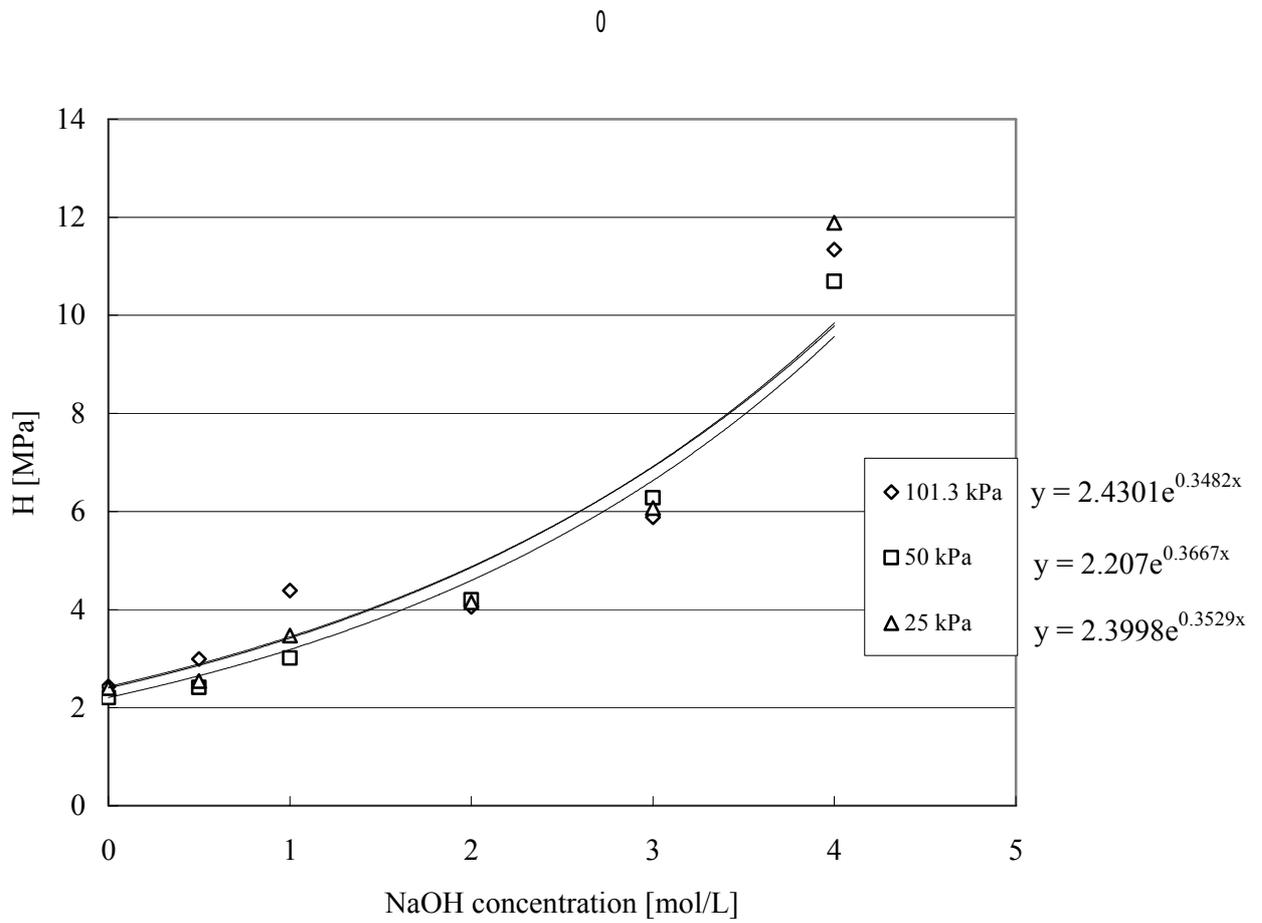


Fig. 6.12 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数

# 10 における HFC125 の溶解度

10

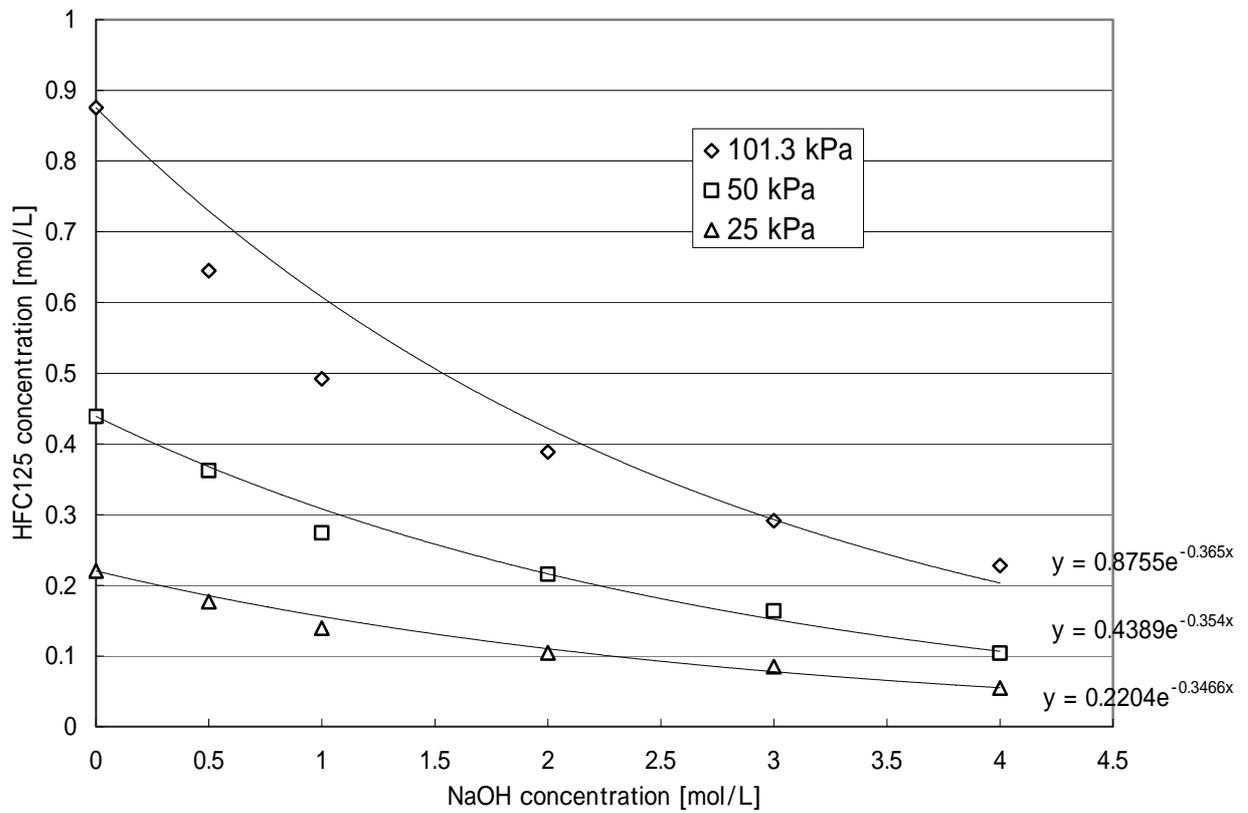


Fig. 6.13 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 濃度

# 10 における HFC125 の Henry 定数

10

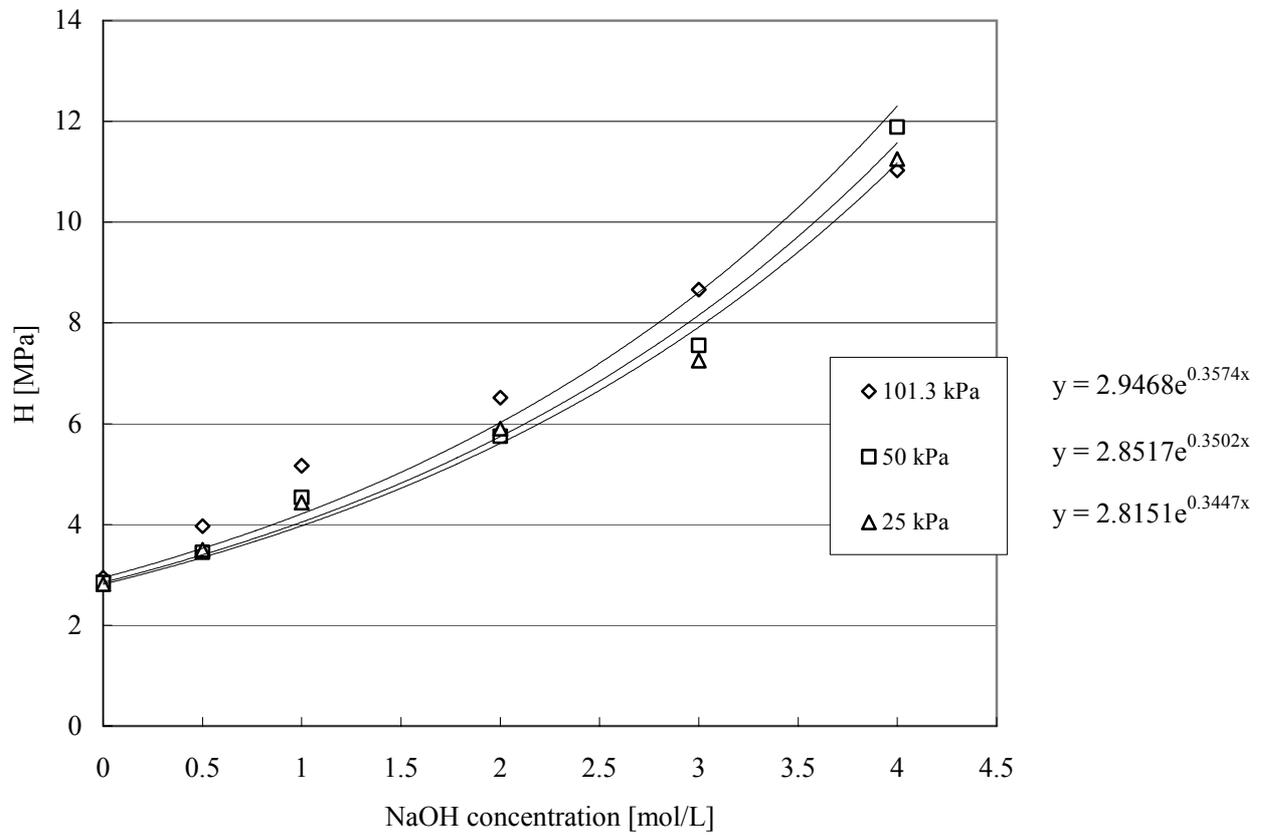


Fig. 6.14 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数

## 20 における HFC125 の溶解度

20

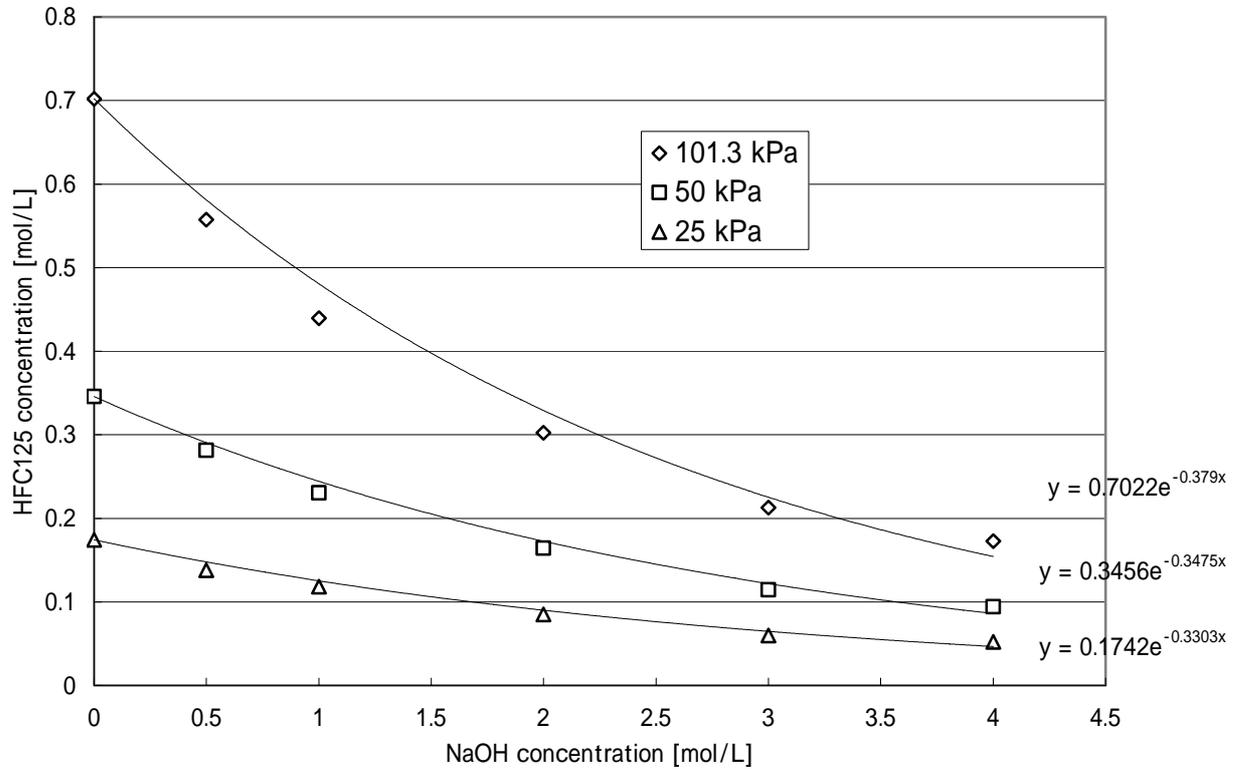


Fig. 6.15 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 濃度

# 20 における HFC125 の Henry 定数

20

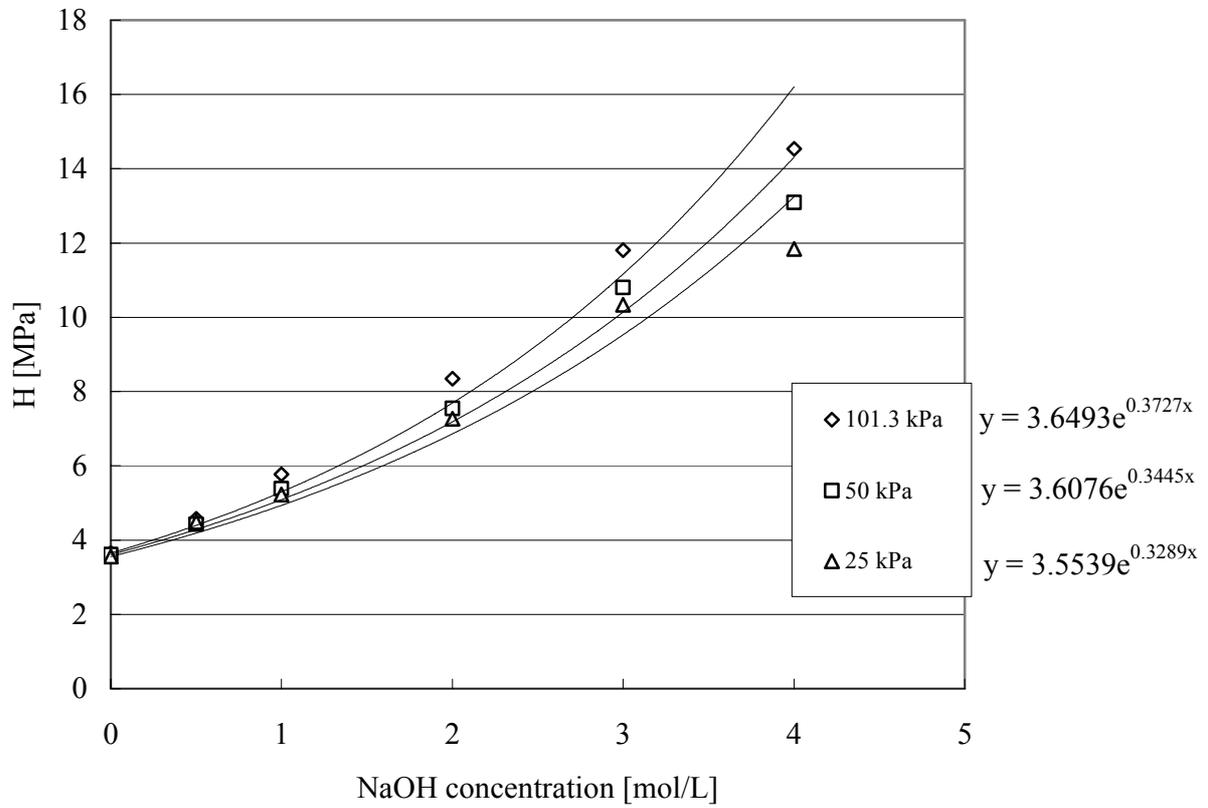


Fig. 6.16 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数

### 30 における HFC125 の溶解度

30

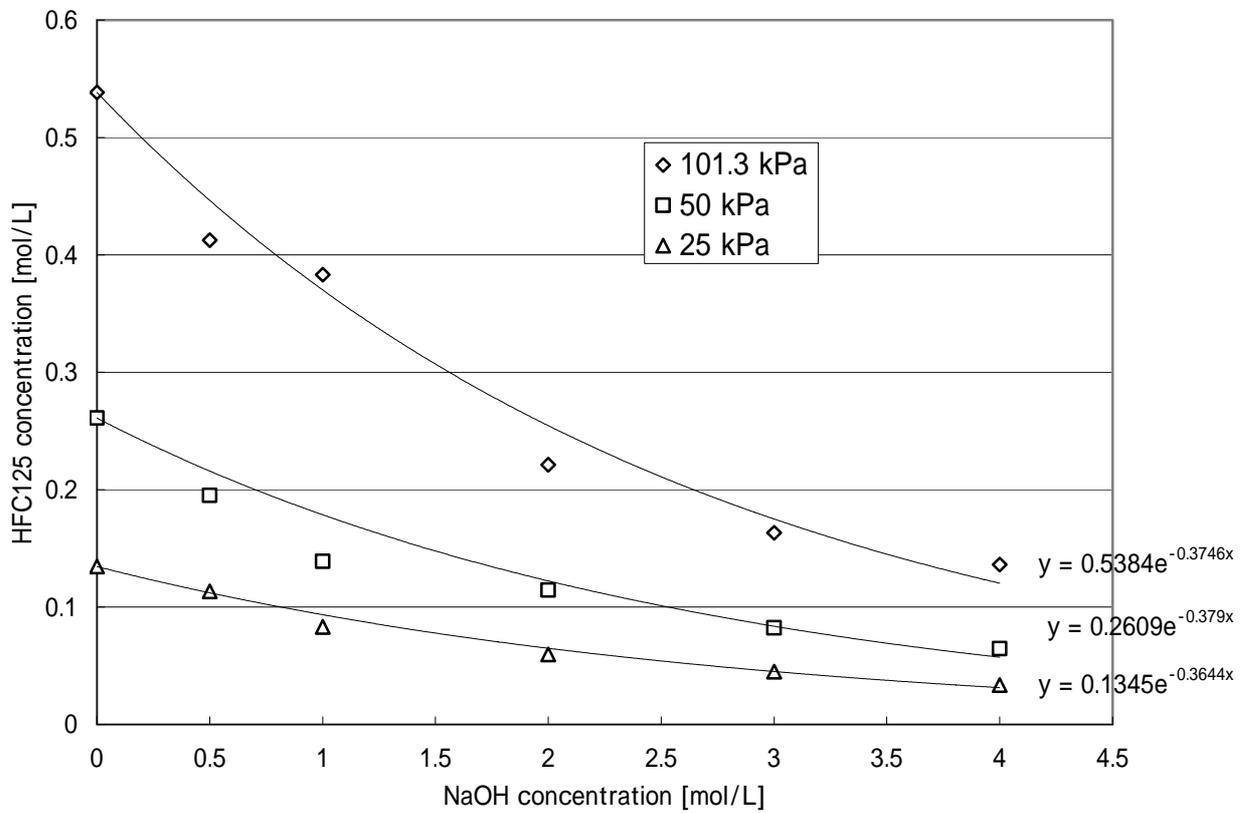


Fig. 6.17 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 濃度

30 における HFC125 の Henry 定数

30

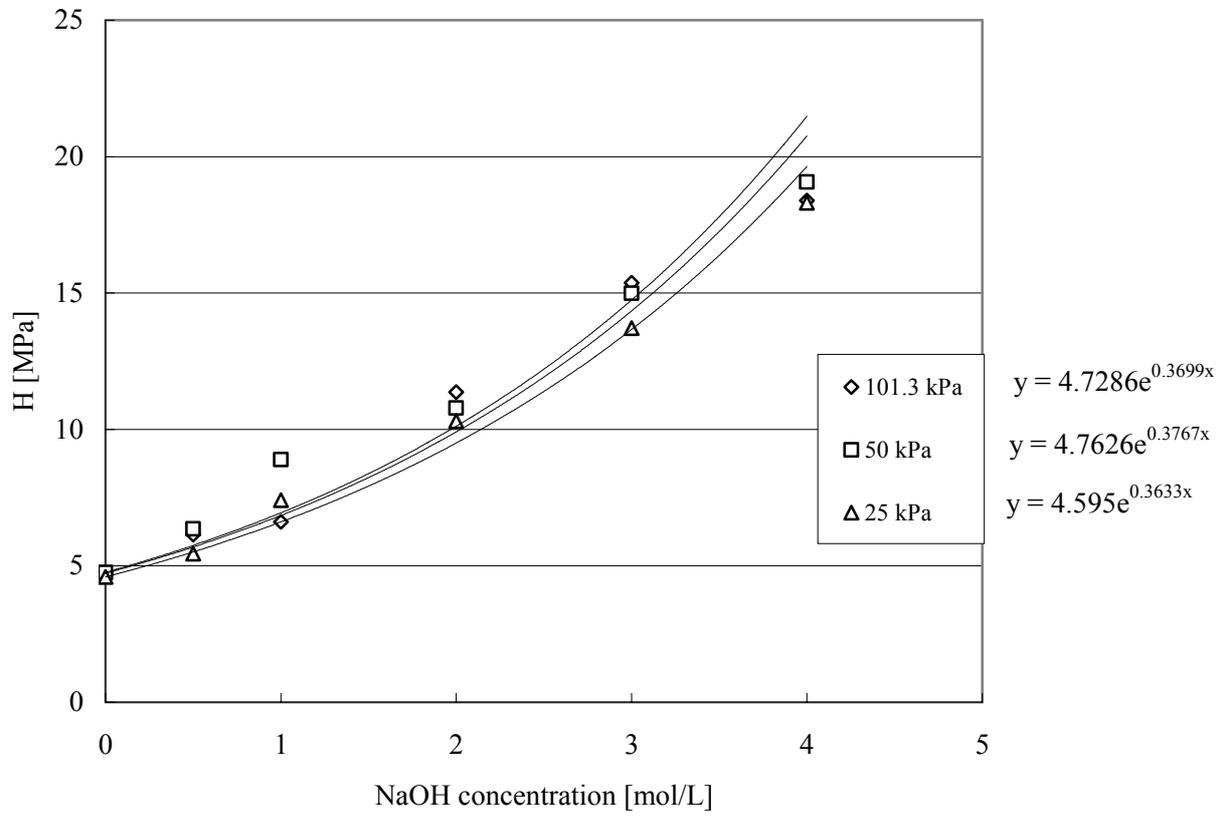


Fig. 6.18 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数

# 40 における HFC125 の溶解度

40

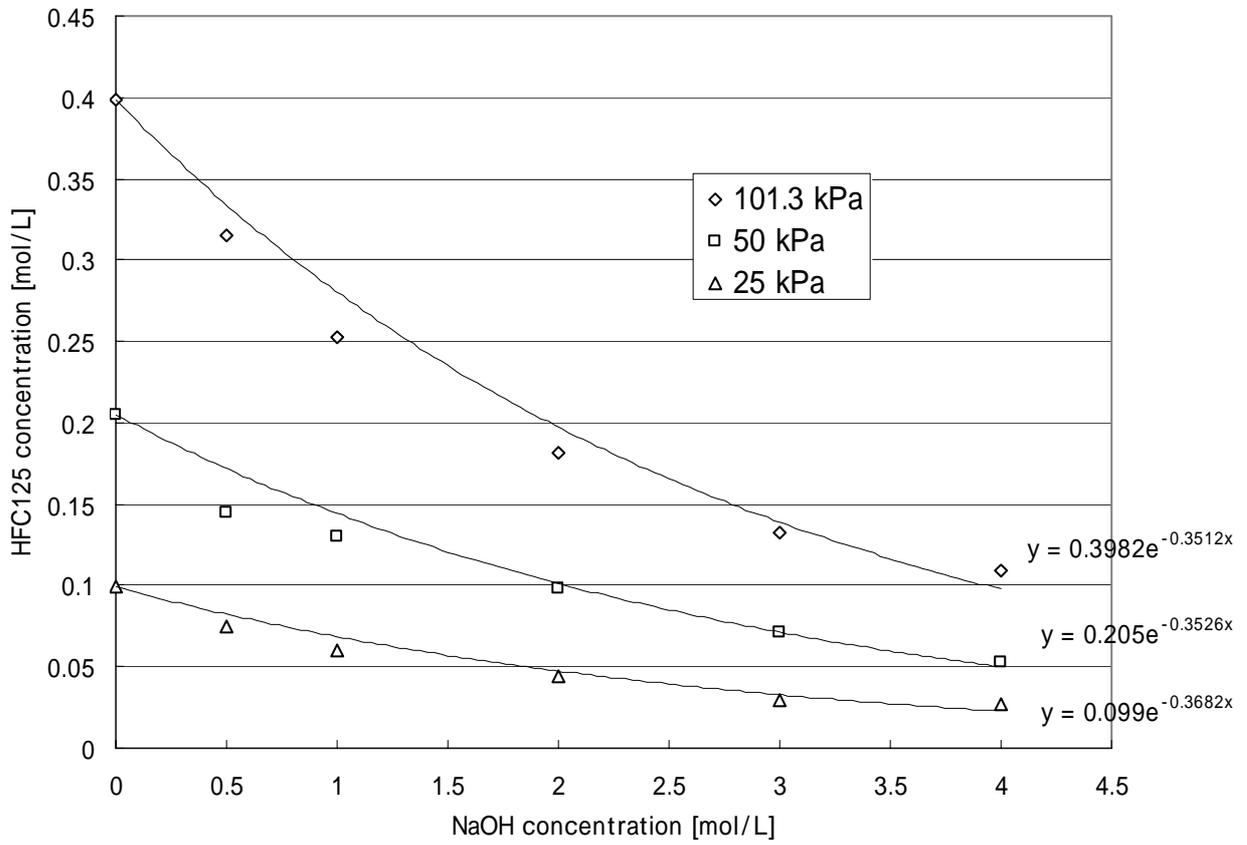


Fig. 6.19 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 濃度

# 40 における HFC125 の Henry 定数

40

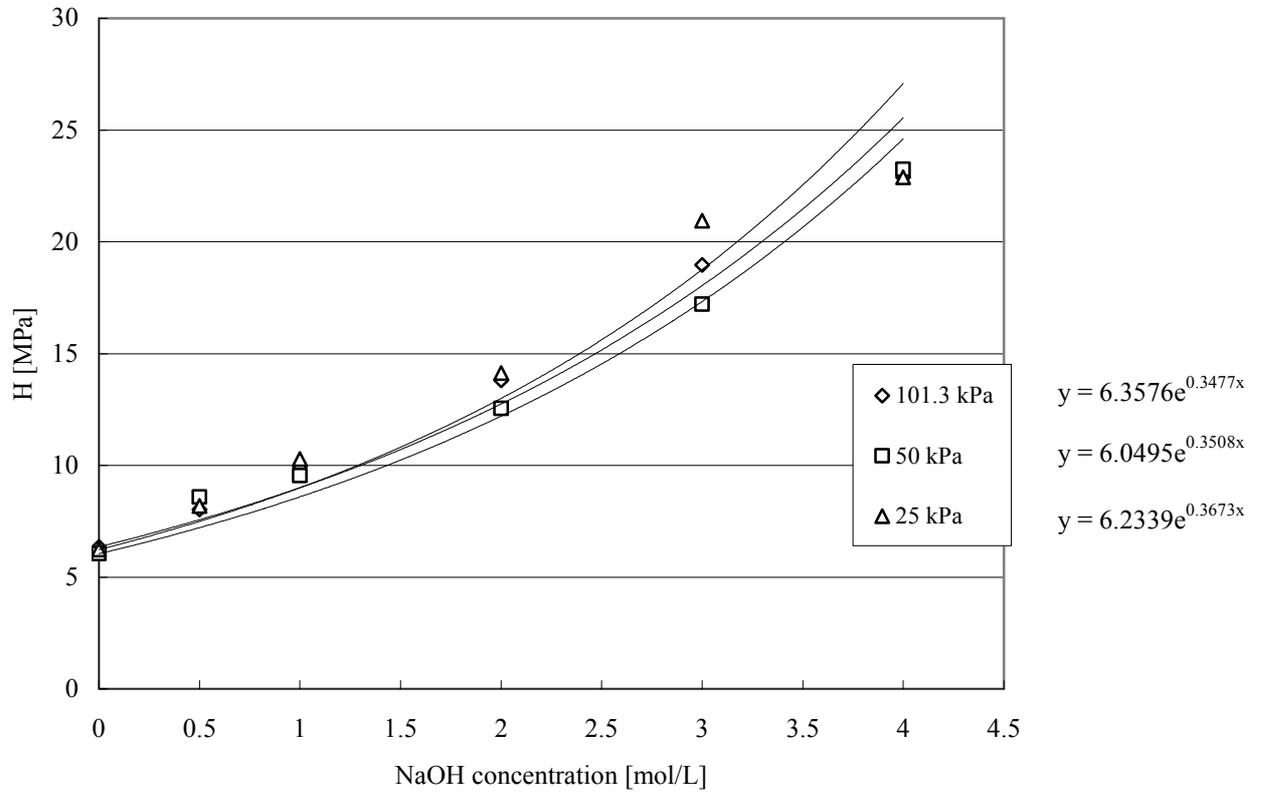


Fig. 6.20 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数

### 6.3 HFC152a の溶解度と Henry 定数

#### 0 における HFC152a の溶解度

0

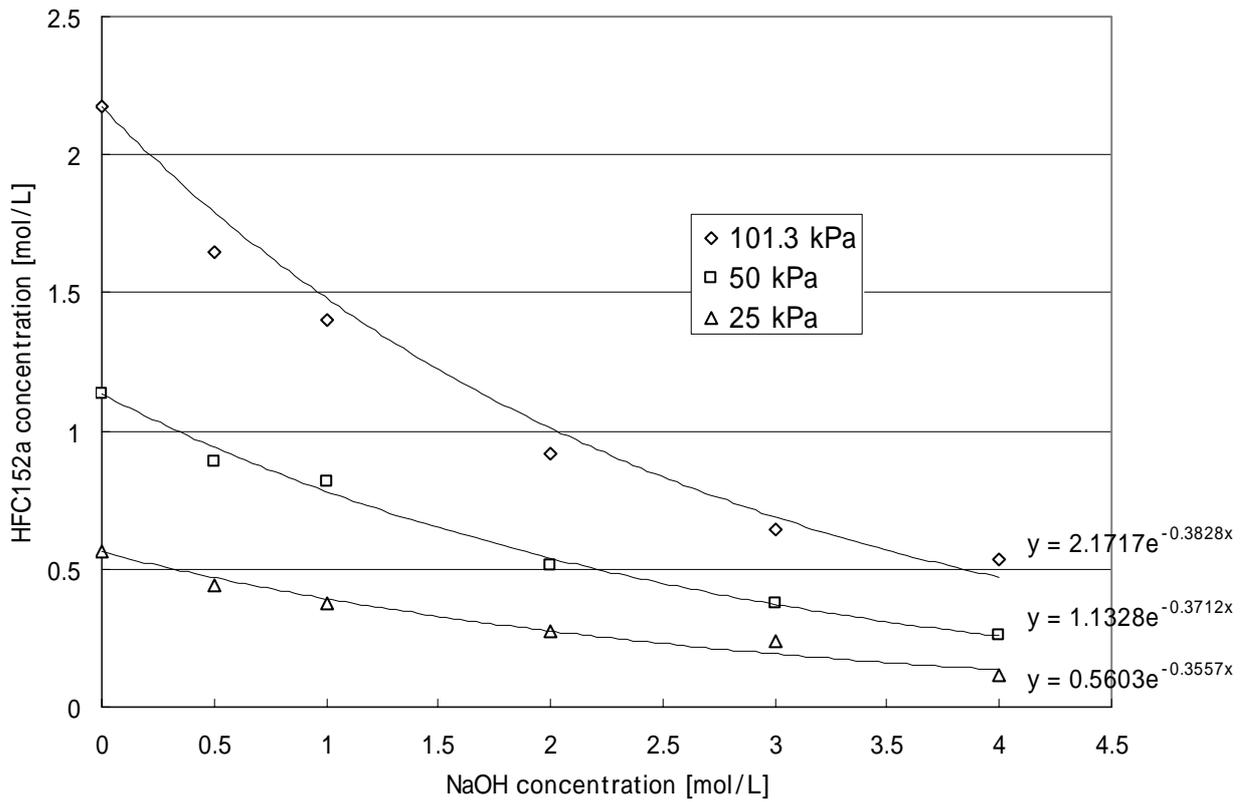


Fig. 6.21 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a 濃度

# 0 における HFC152a の Henry 定数

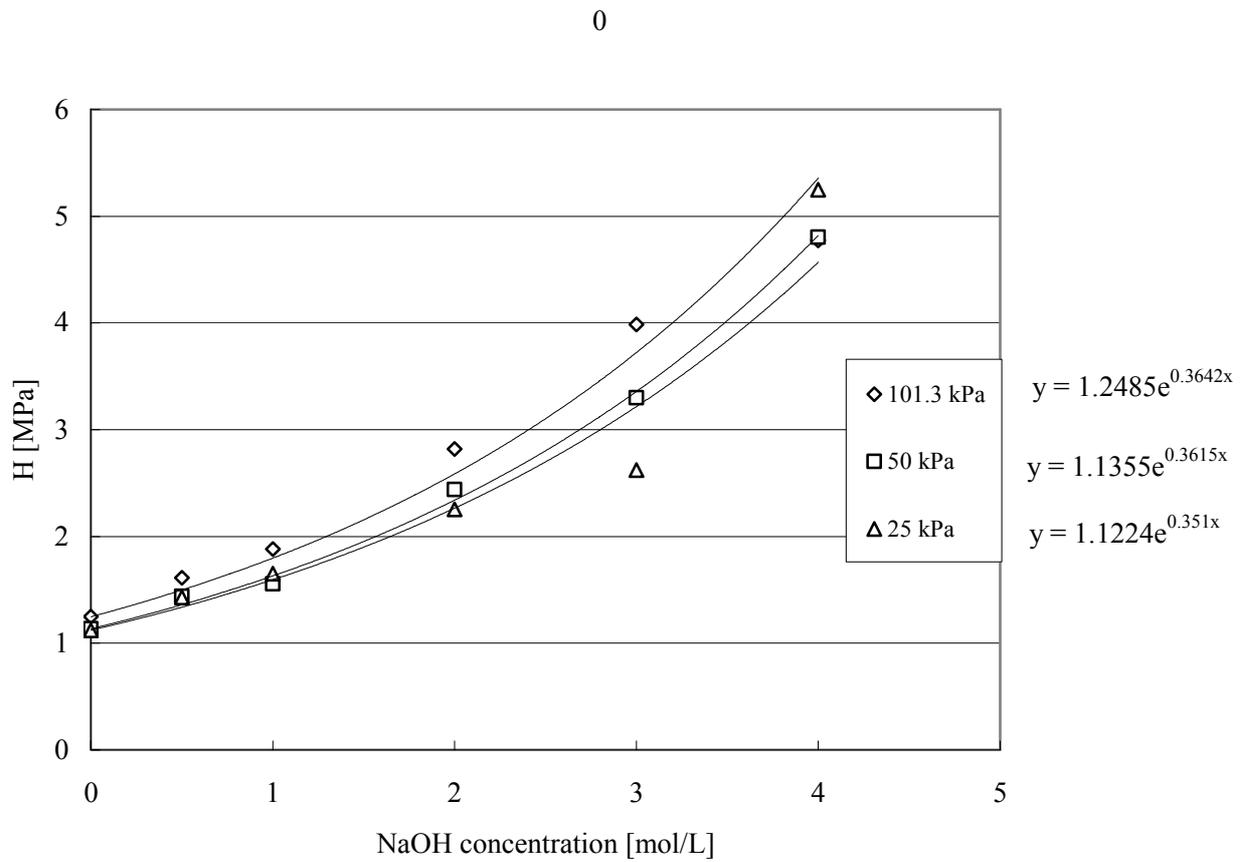


Fig. 6.22 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数

# 10 における HFC152a の溶解度

10

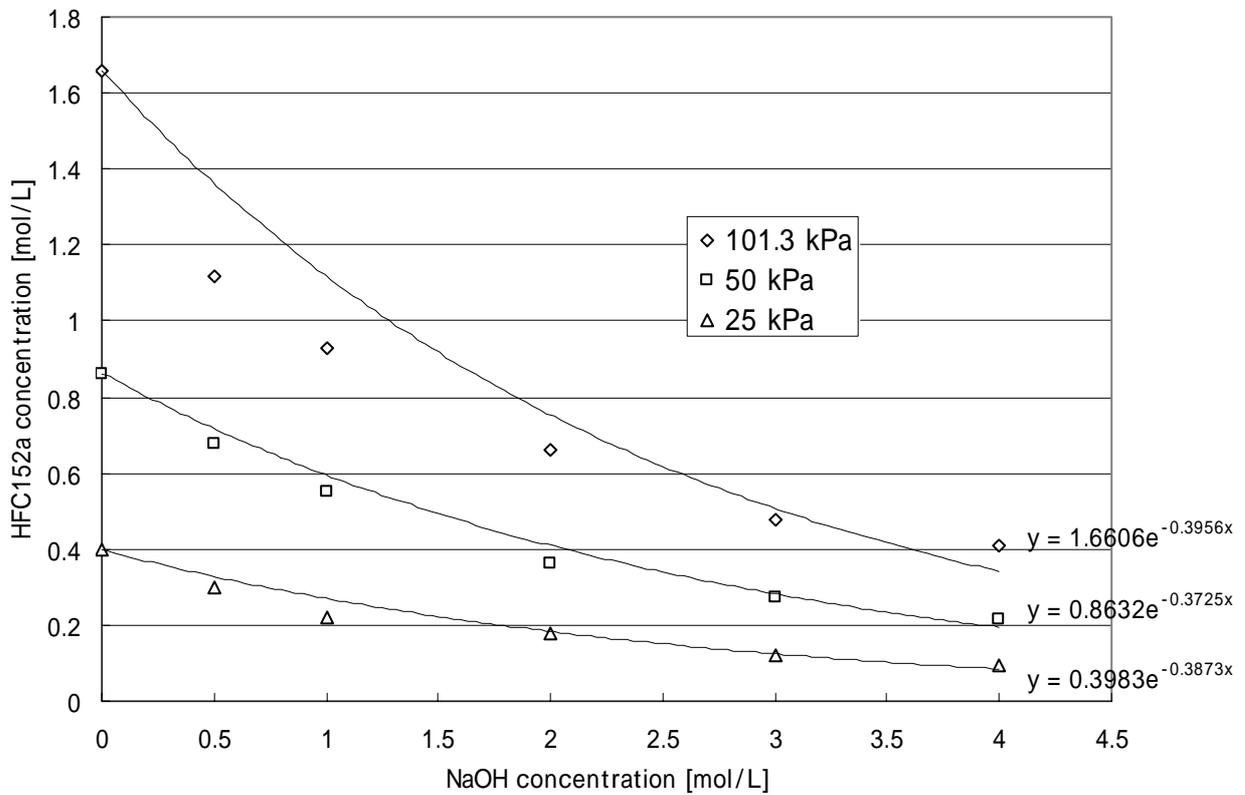


Fig. 6.23 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a 濃度

10 における HFC152a の Henry 定数

10

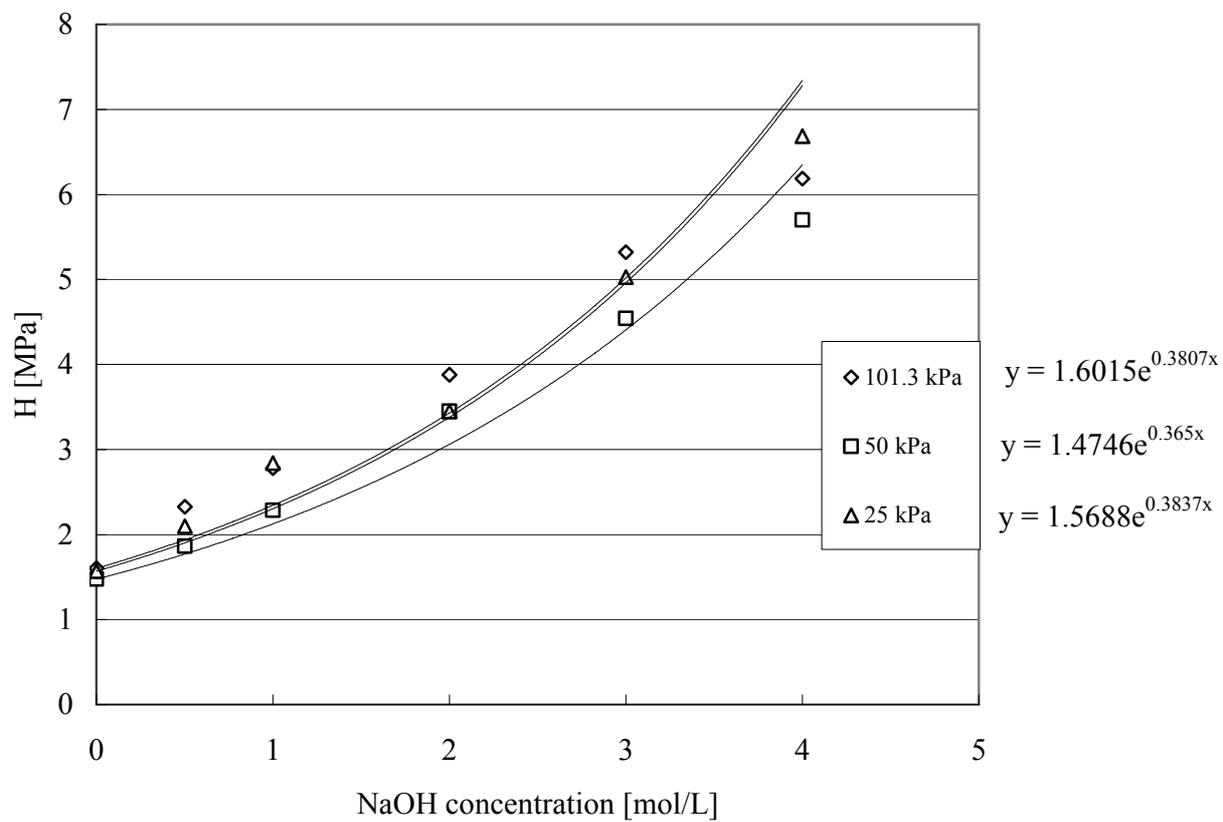


Fig. 6.24 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数

## 20 における HFC152a の溶解度

20

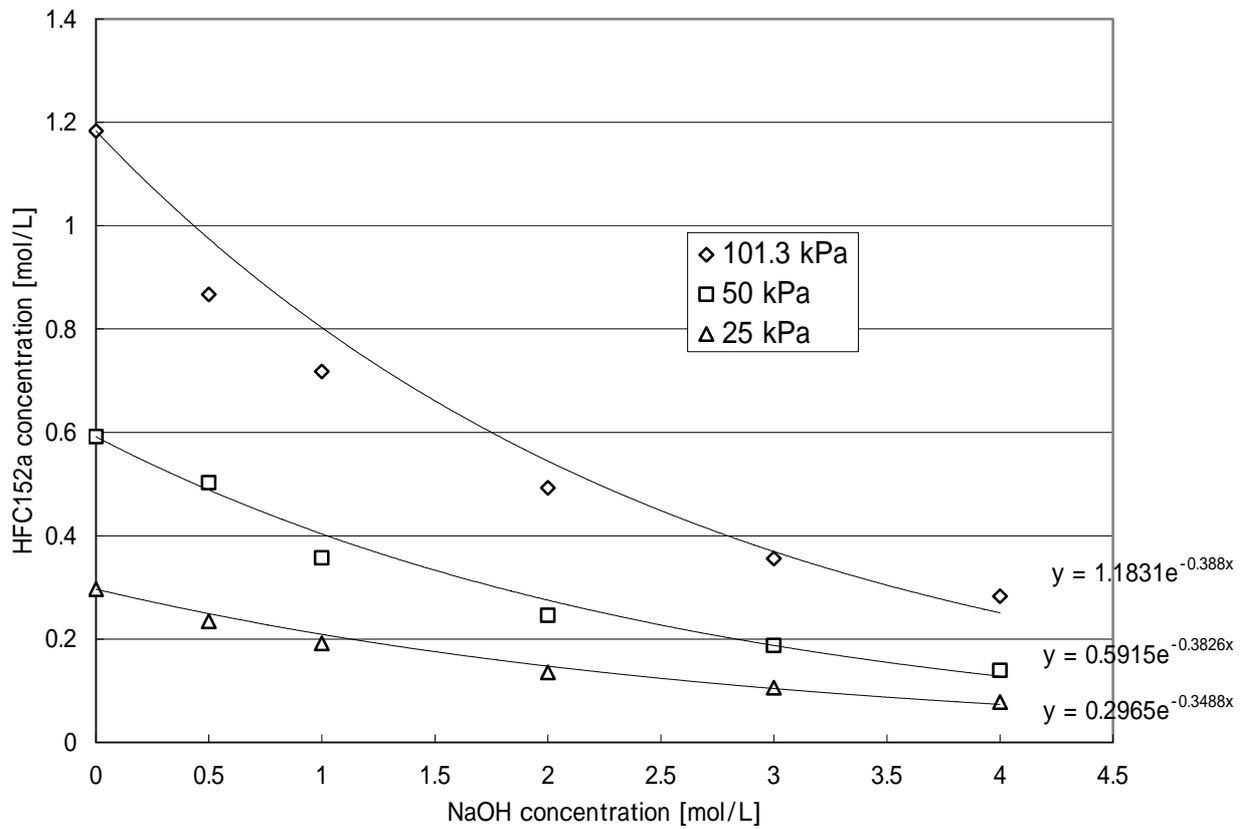


Fig. 6.25 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a 濃度

20 における HFC152a の Henry 定数

20

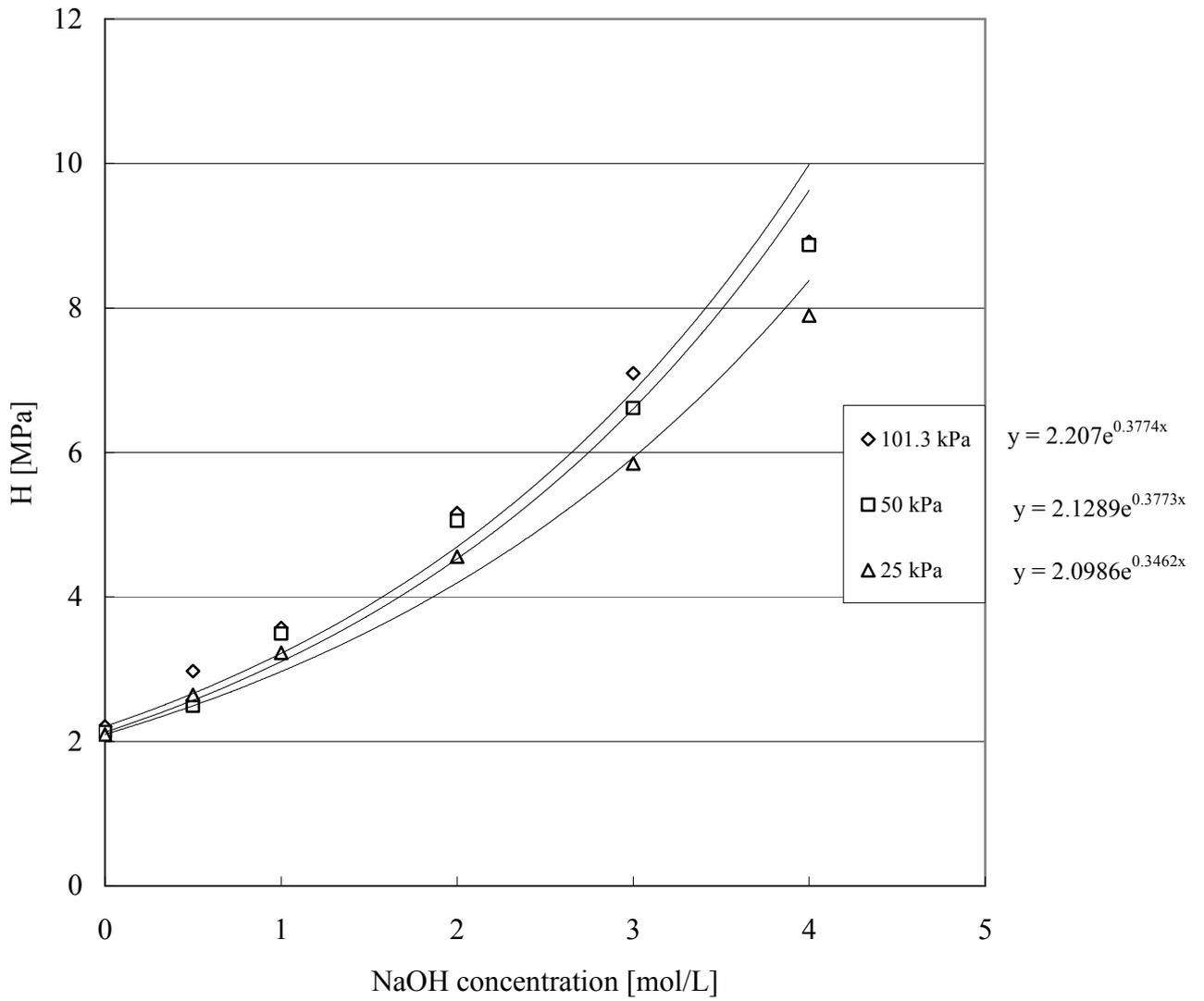


Fig. 6.26 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数

30 における HFC152a の溶解度

30

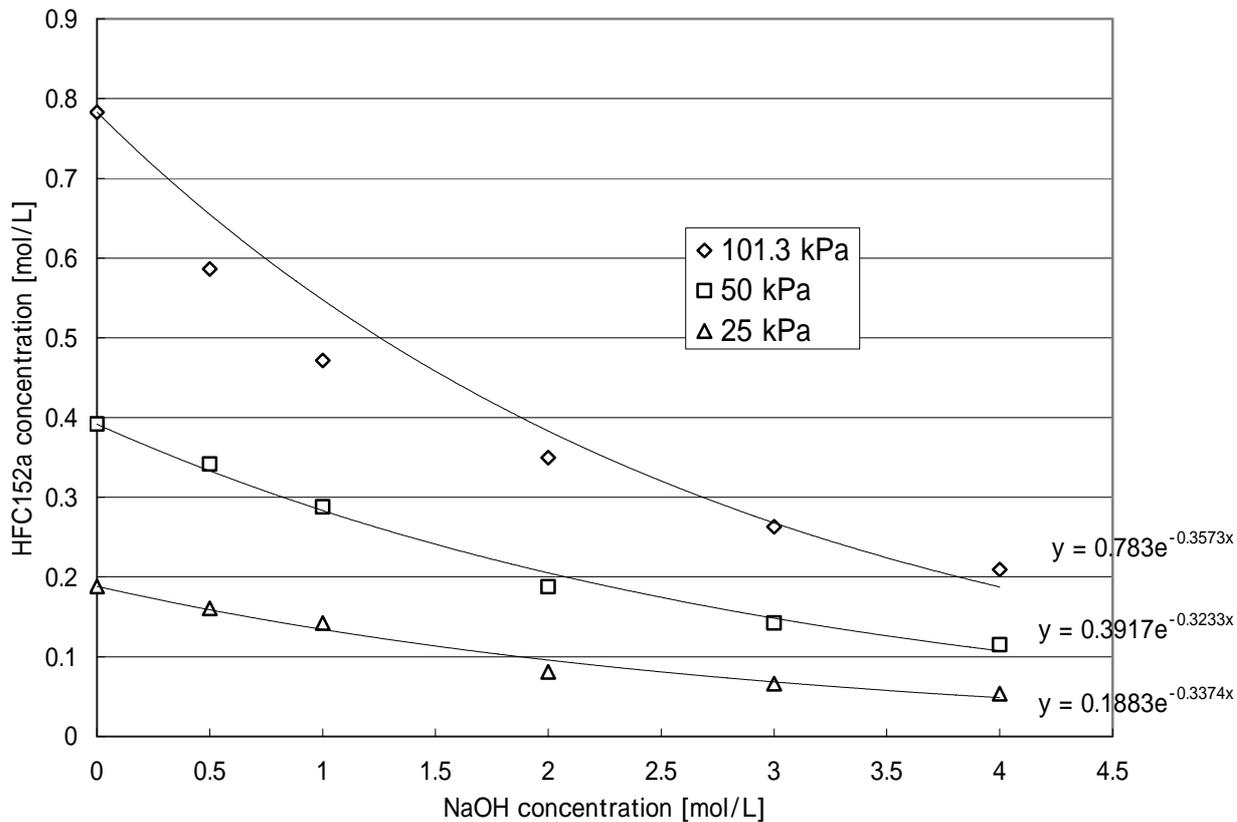


Fig. 6.27 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a 濃度

30 における HFC152a の Henry 定数

30

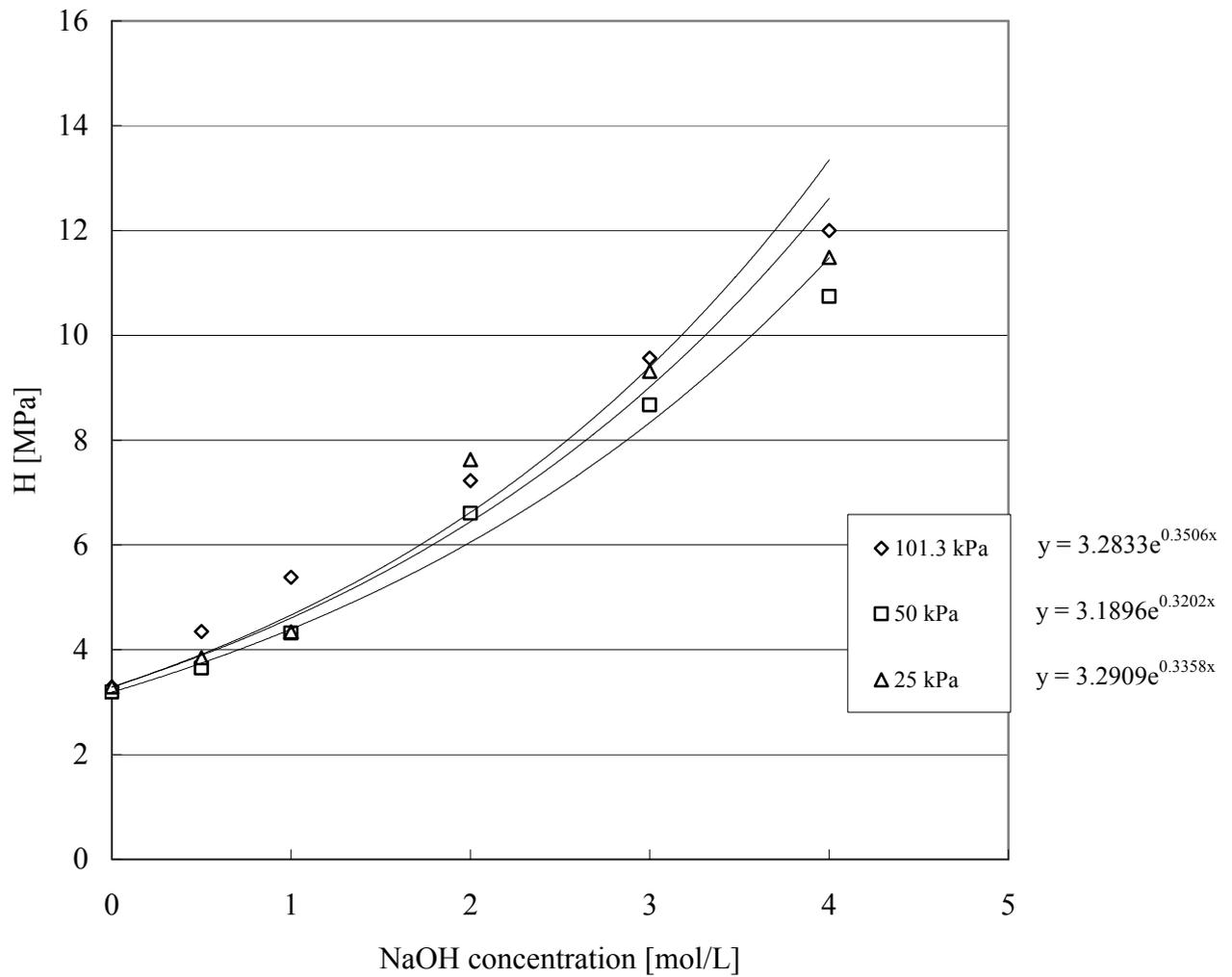


Fig. 6.28 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数

# 40 における HFC152a の溶解度

40

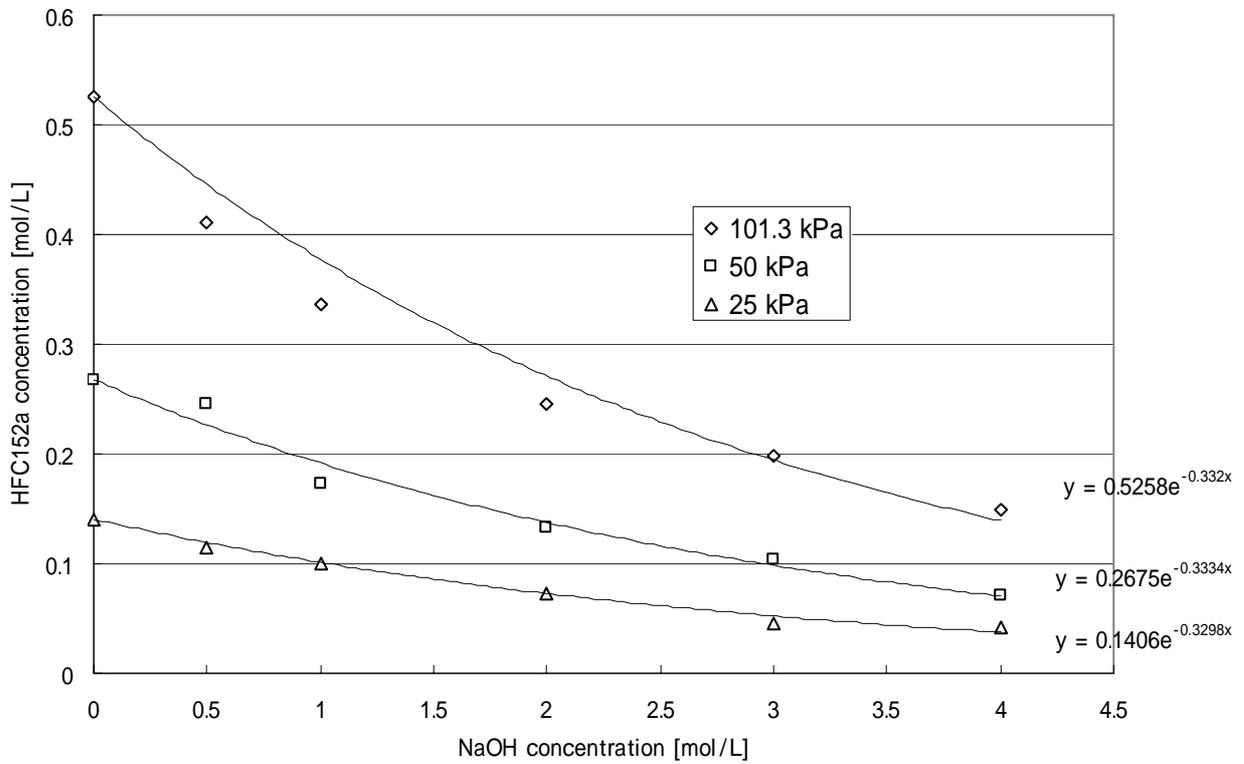


Fig. 6.29 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a 濃度

40 における HFC152a の Henry 定数

40

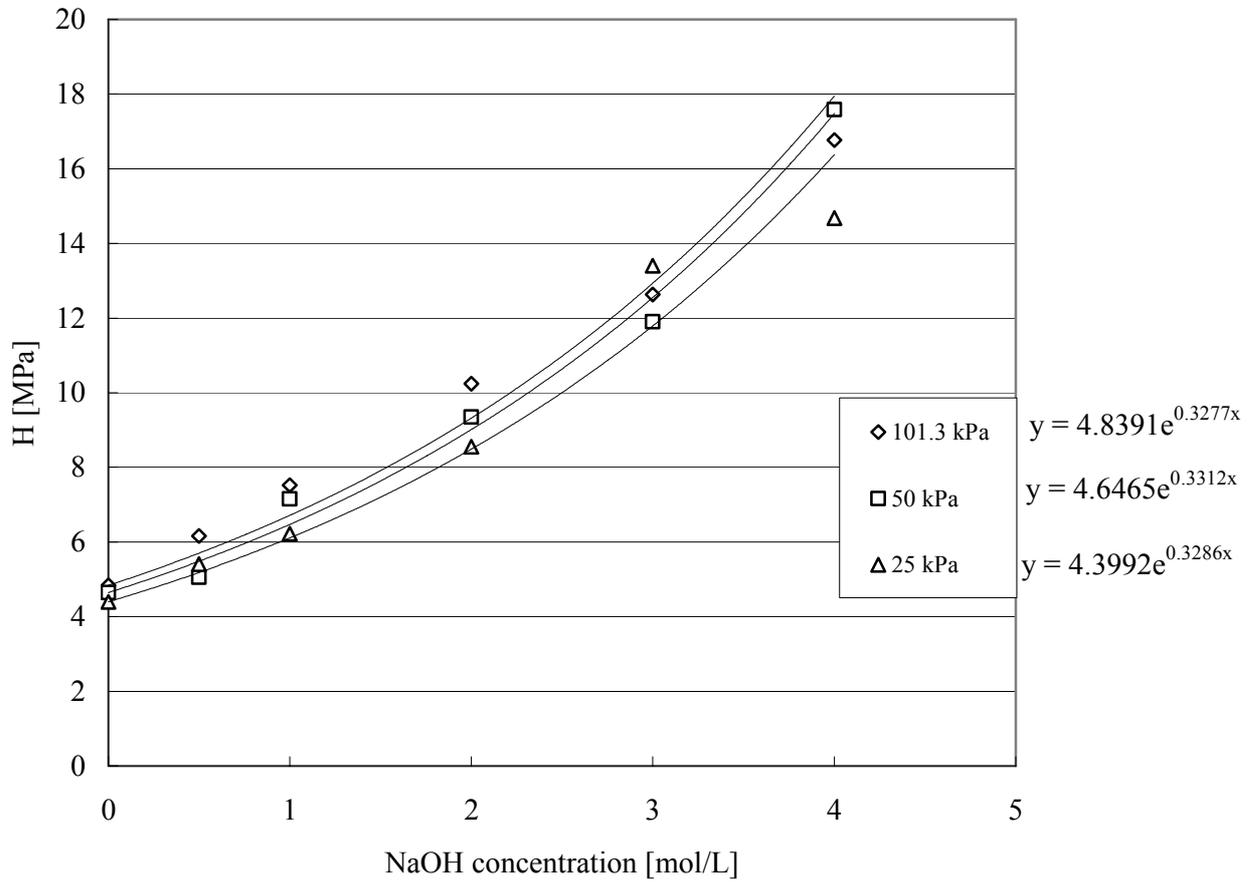


Fig. 6.30 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数

## 6.4 HFC32 の溶解度と Henry 定数

### 0 における HFC32 の溶解度

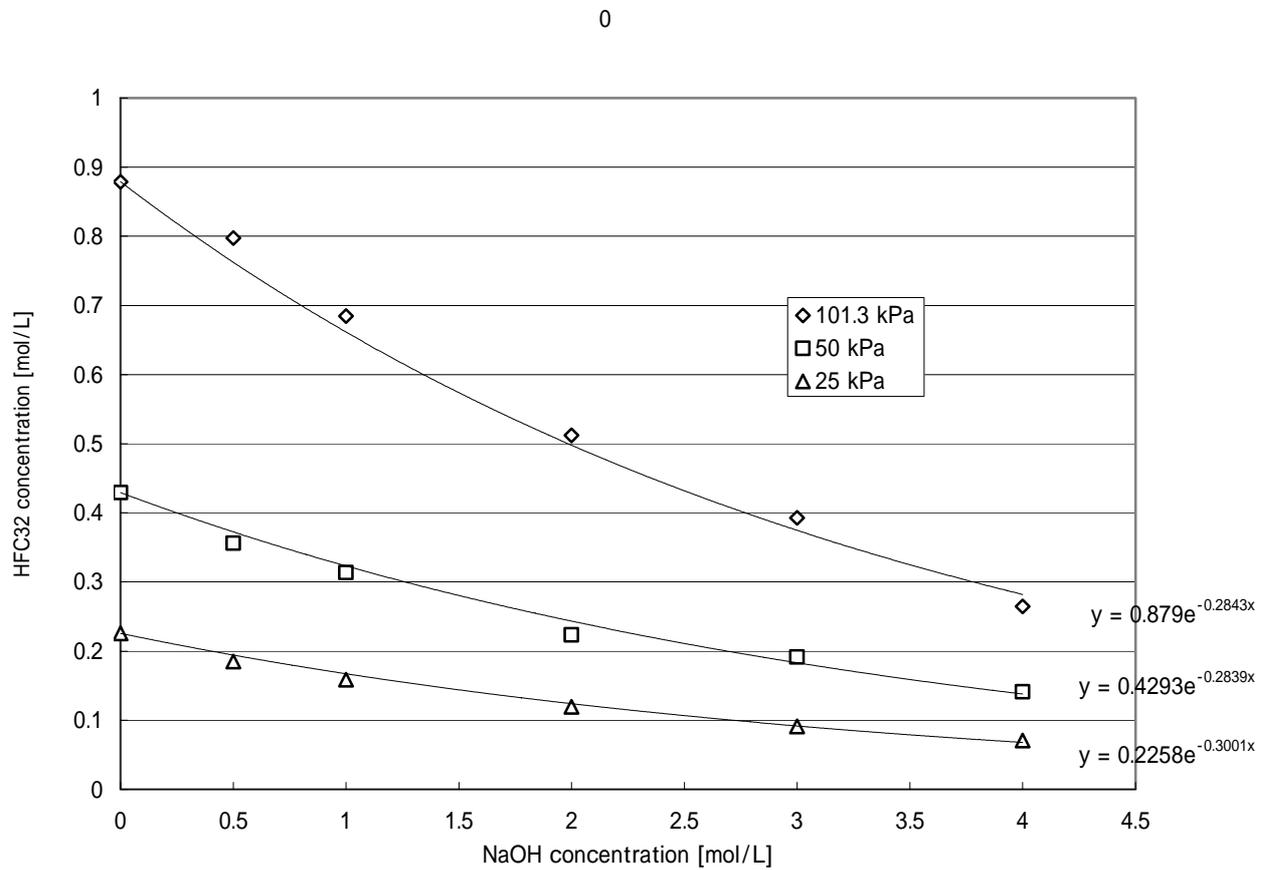


Fig. 6.31 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 濃度

# 0 における HFC32 の Henry 定数

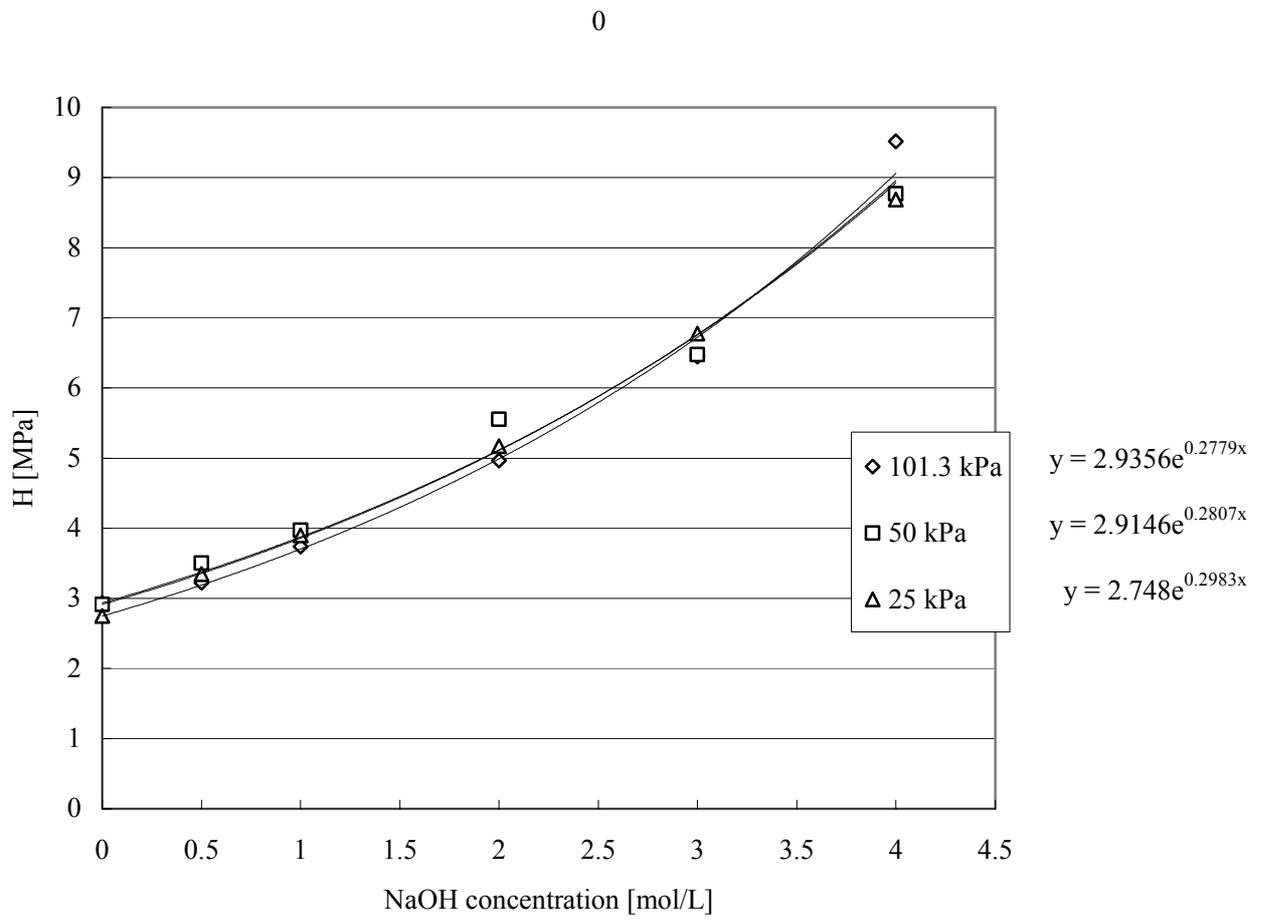


Fig. 6.32 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数

# 10 における HFC32 の溶解度

10

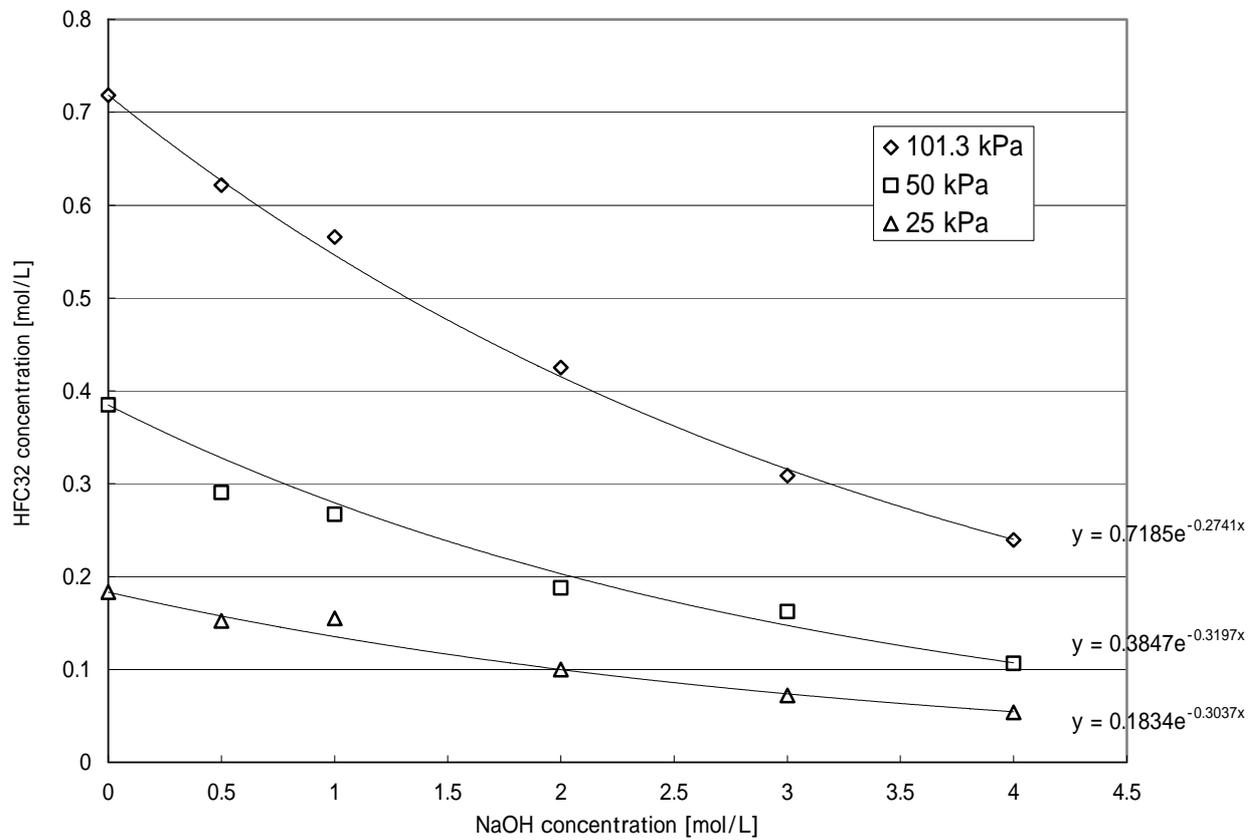


Fig. 6.33 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 濃度

10 における HFC32 の Henry 定数

10

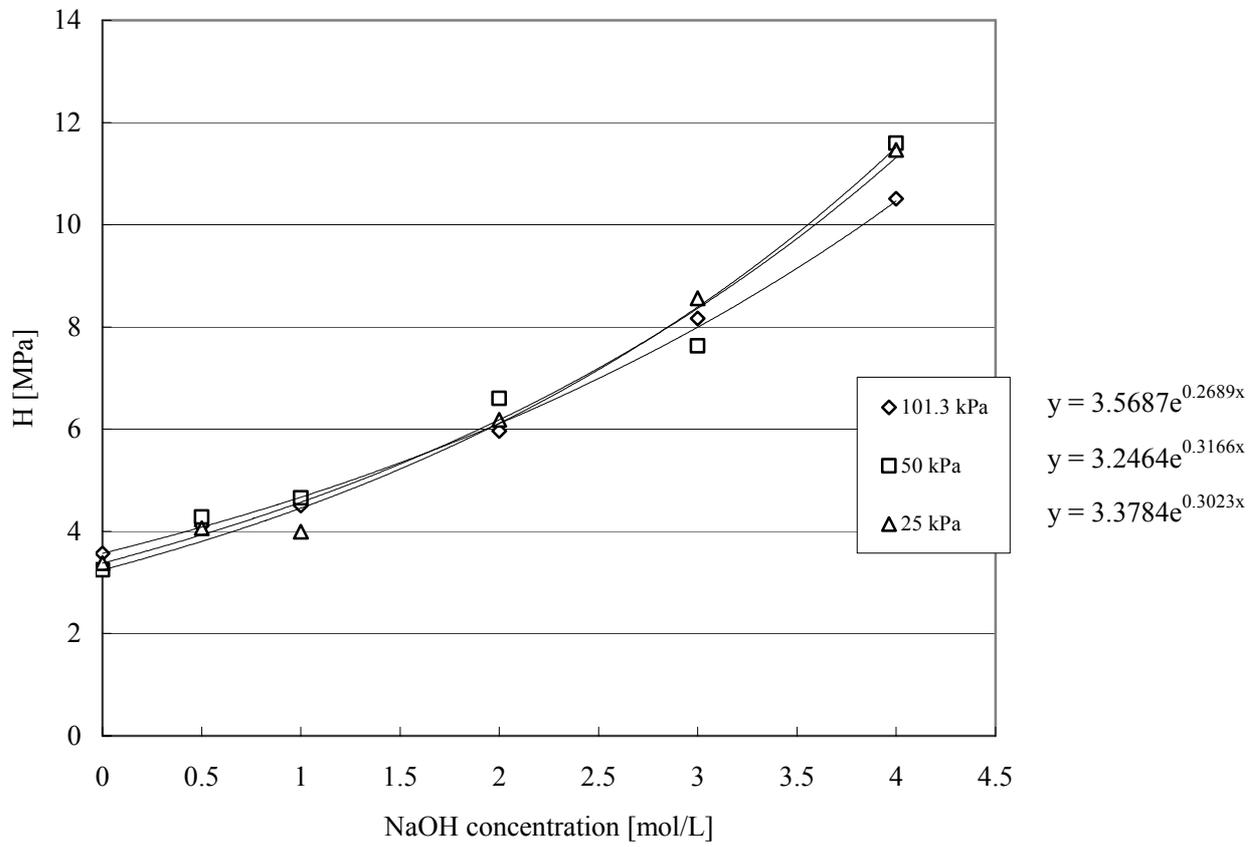


Fig. 6.34 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数

## 20 における HFC32 の溶解度

20

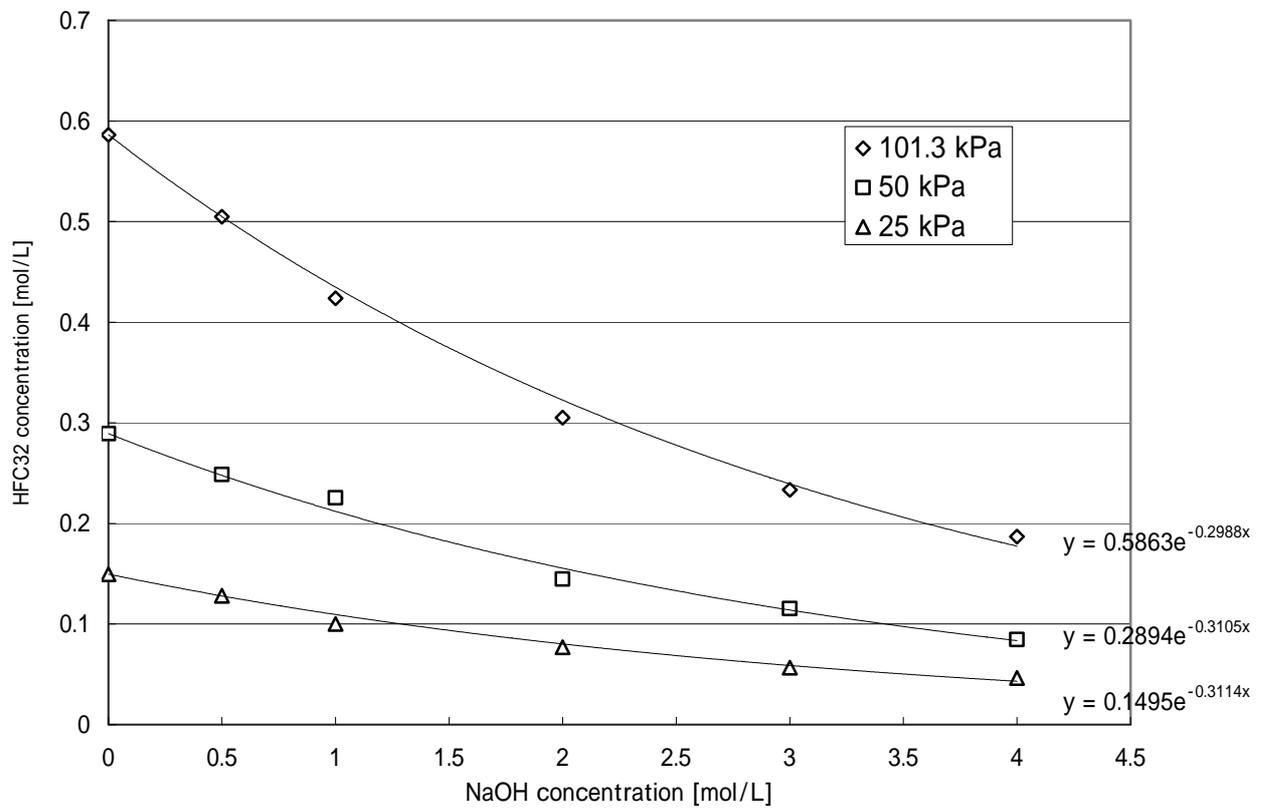


Fig. 6.35 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 濃度

20 における HFC32 の Henry 定数

20

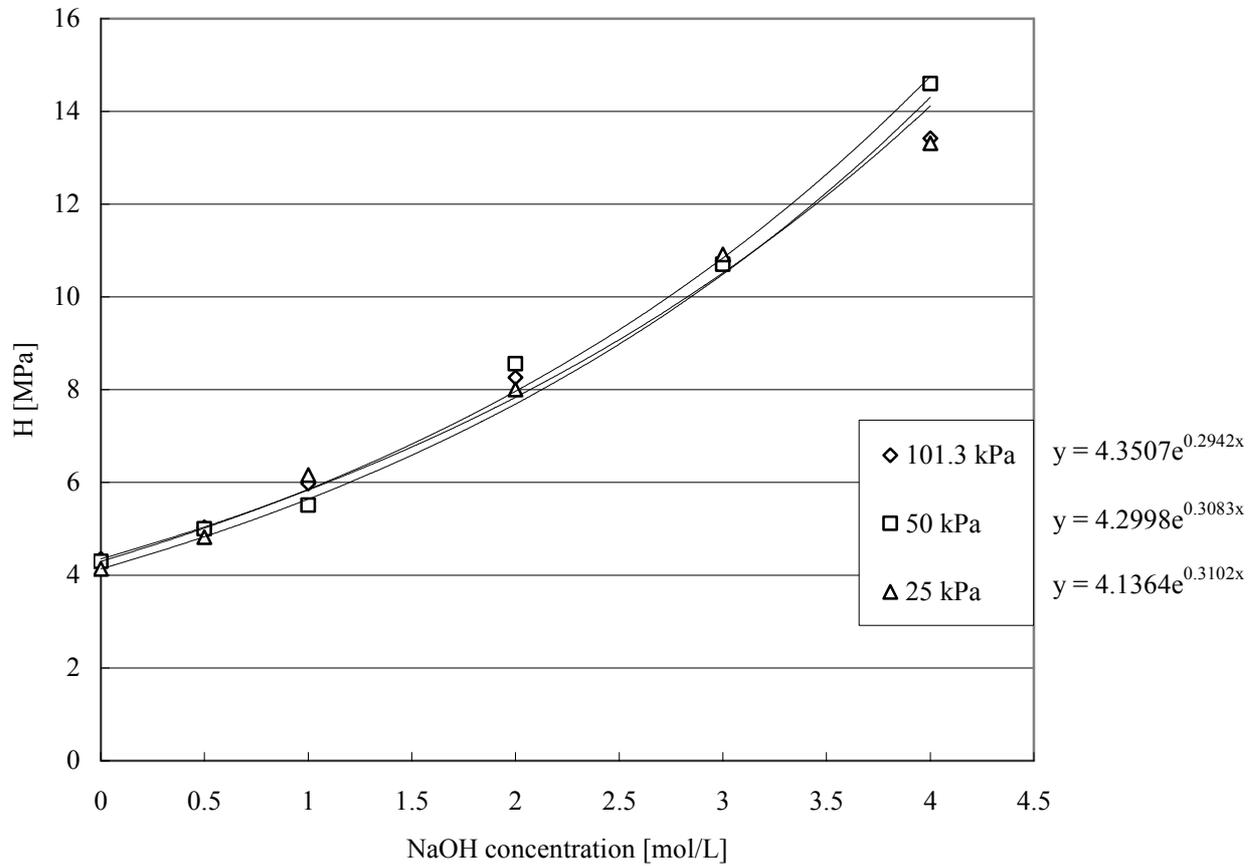


Fig. 6.36 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数

# 30 における HFC32 の溶解度

30

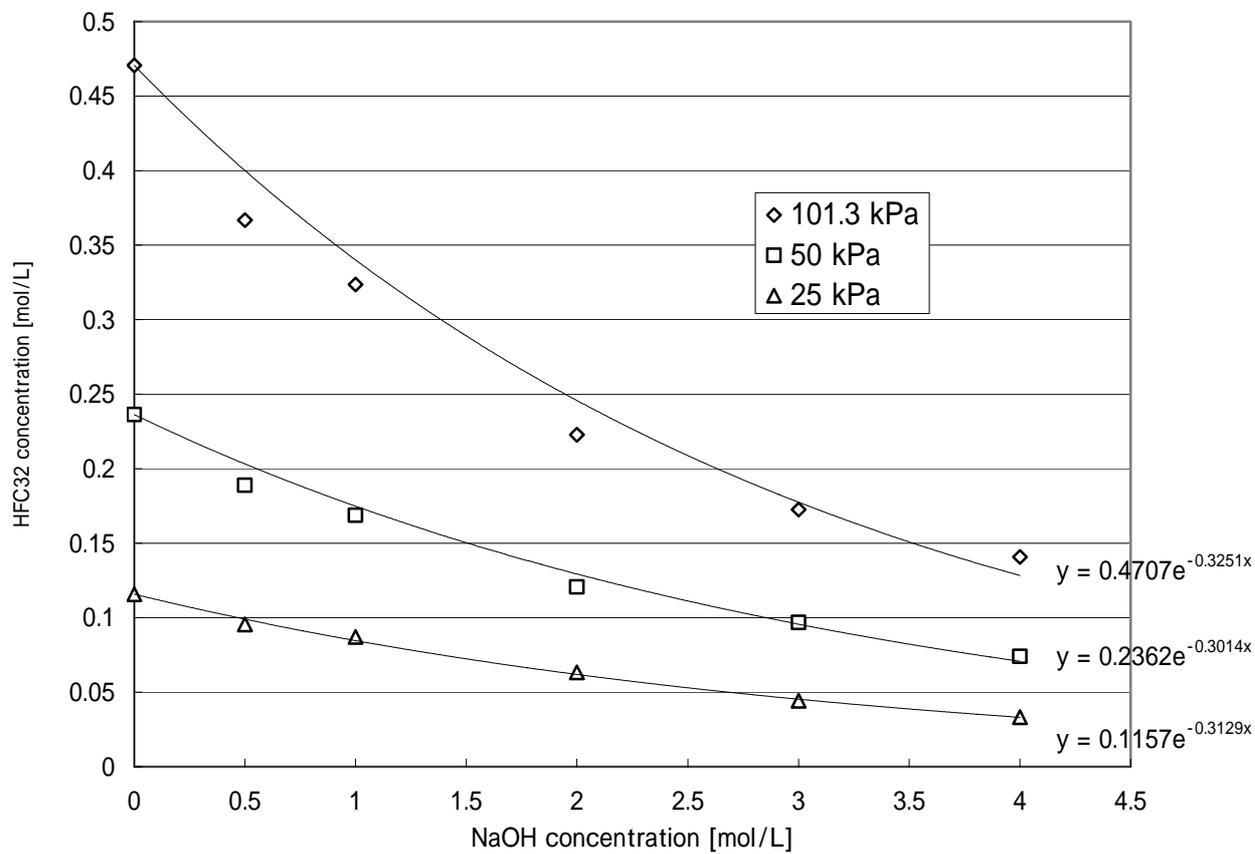


Fig. 6.37 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 濃度

30 における HFC32 の Henry 定数

30

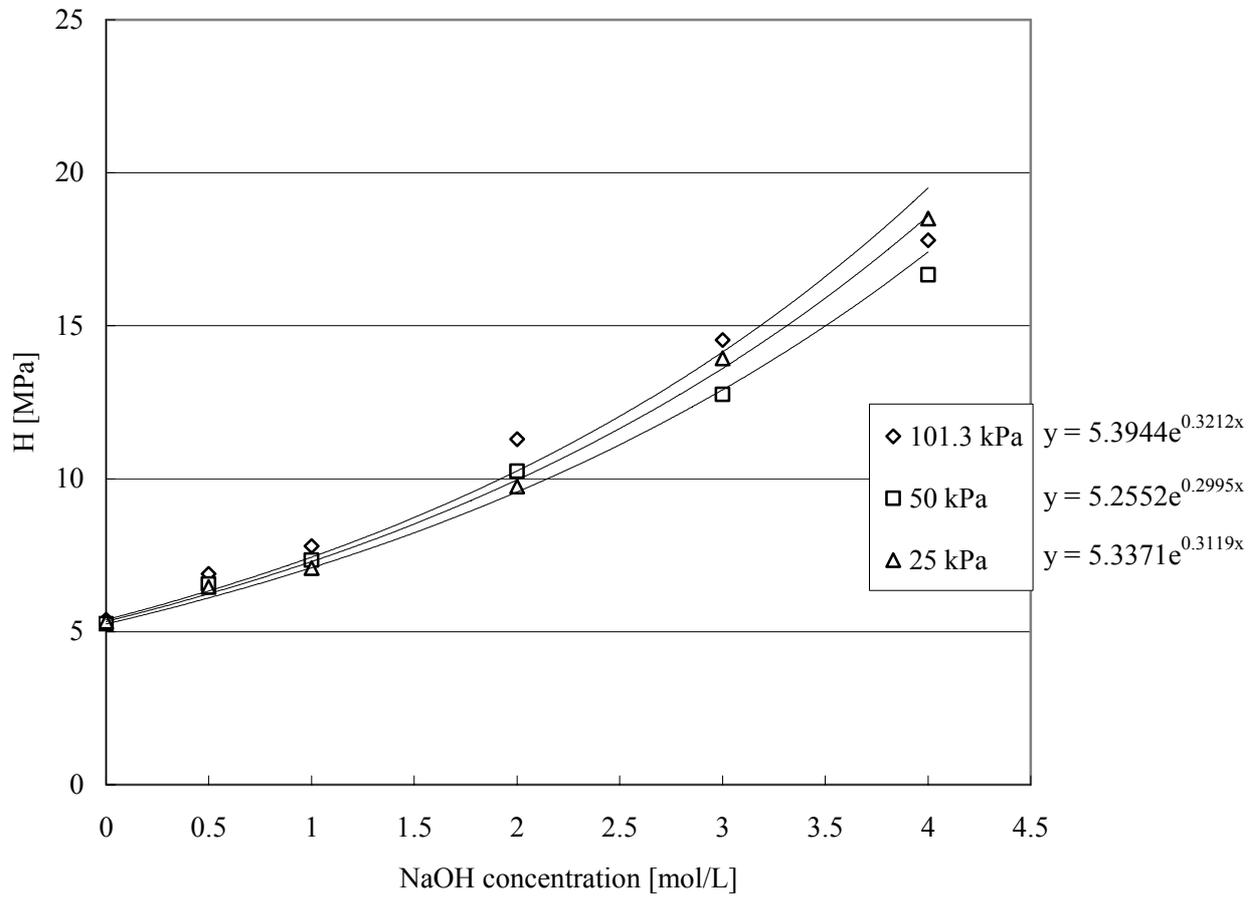


Fig. 6.38 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数

# 40 における HFC32 の溶解度

40

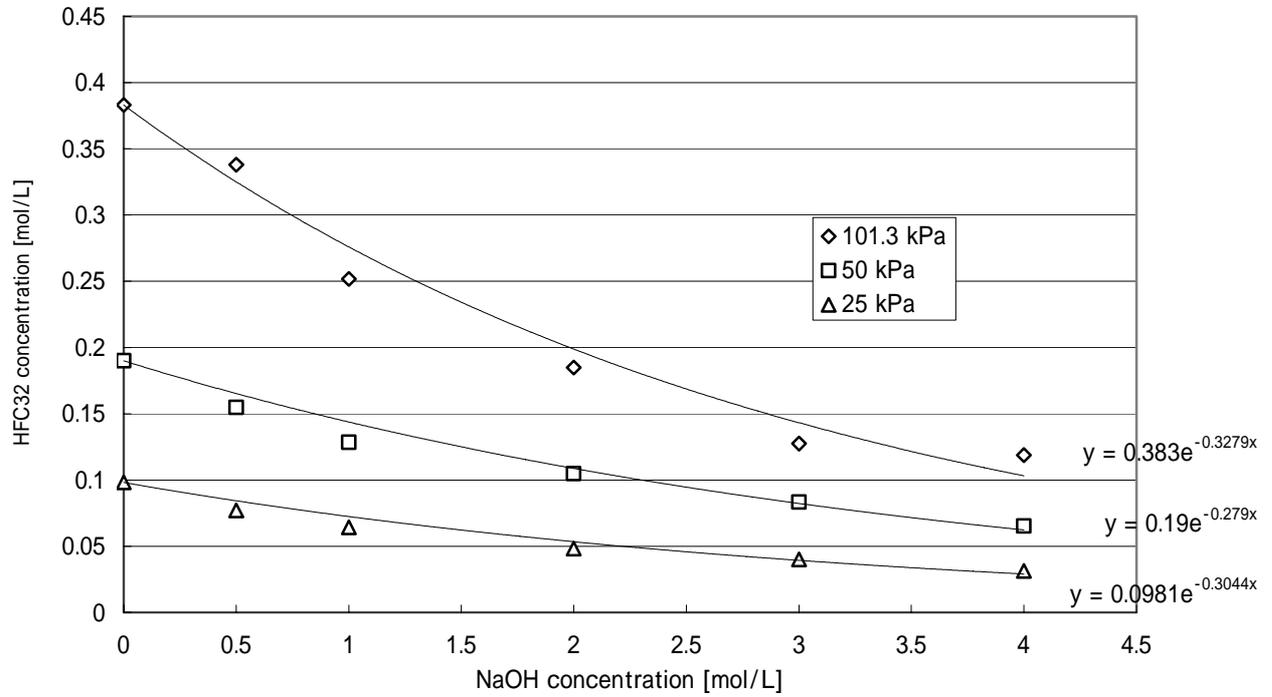


Fig. 6.39 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 濃度

# 40 における HFC32 の Henry 定数

40

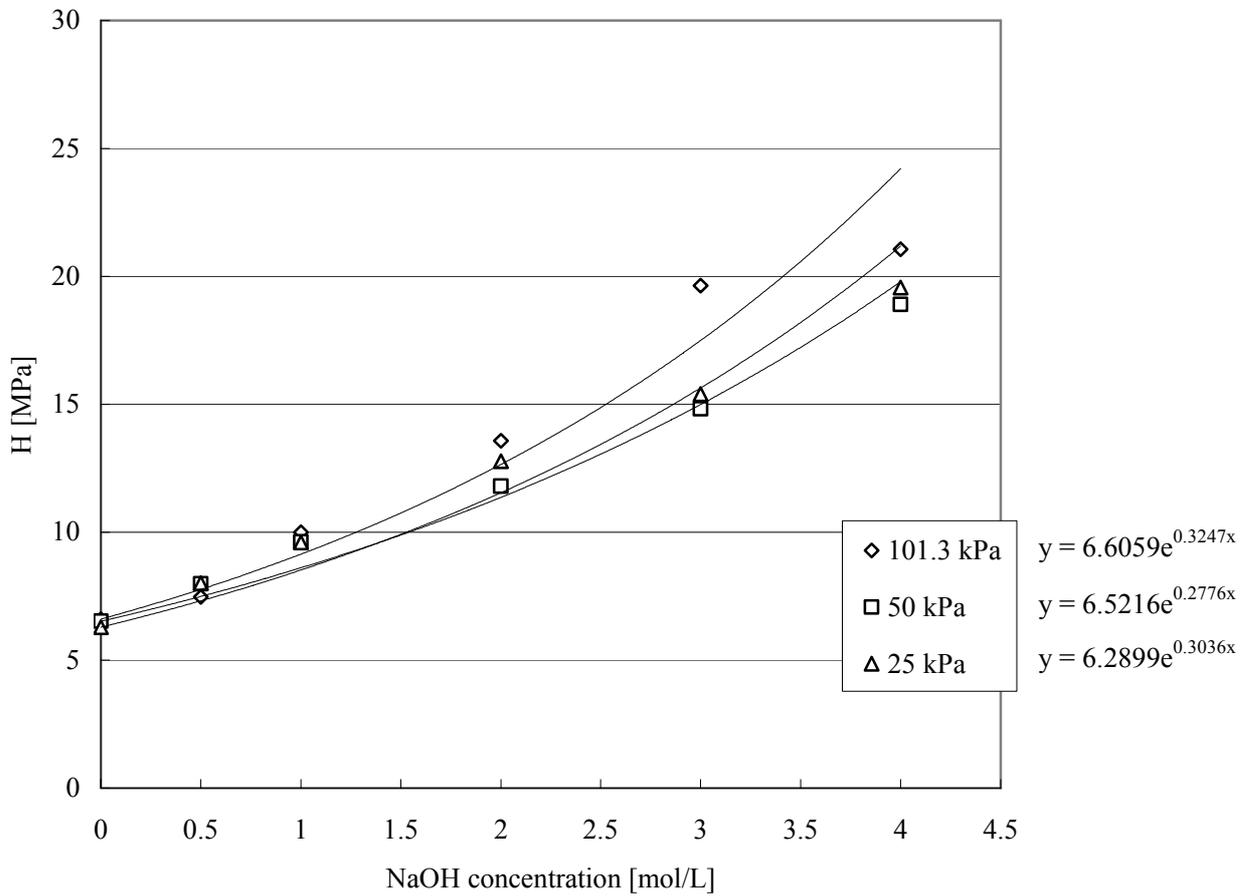


Fig. 6.40 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数

## 6.5 HFC134a の溶解度と Henry 定数

( 2004 年度卒業 森田修 氏の卒論データから )

### 0 における HFC134a の溶解度

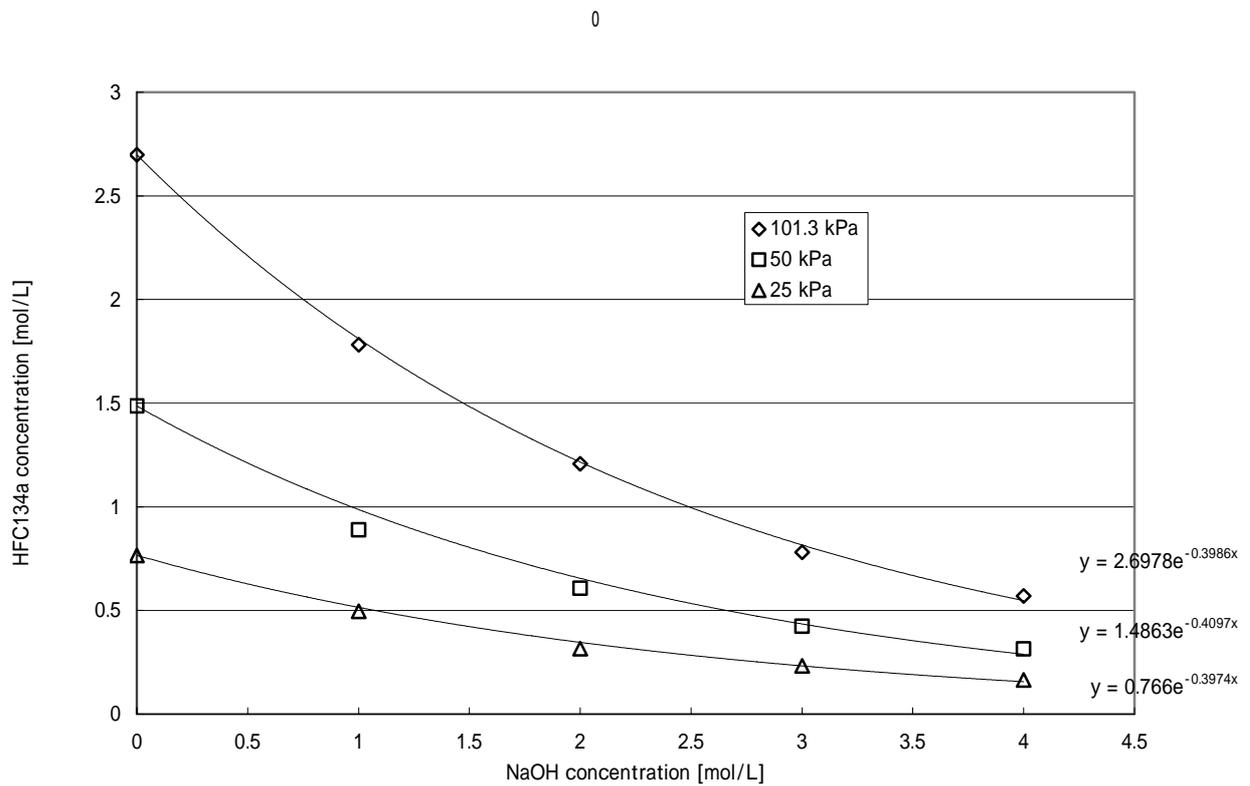


Fig. 6.41 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a 濃度

# 0 における HFC134a の Henry 定数

0

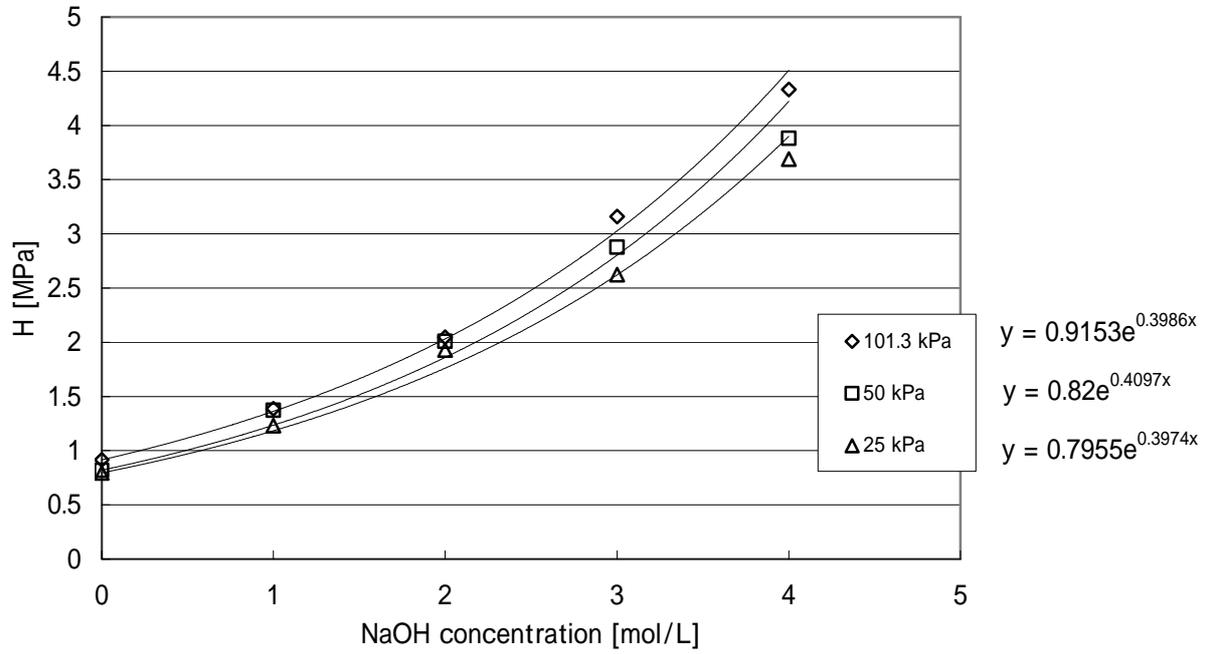


Fig. 6.42 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a の Henry 定数

# 10 における HFC134a の溶解度

10

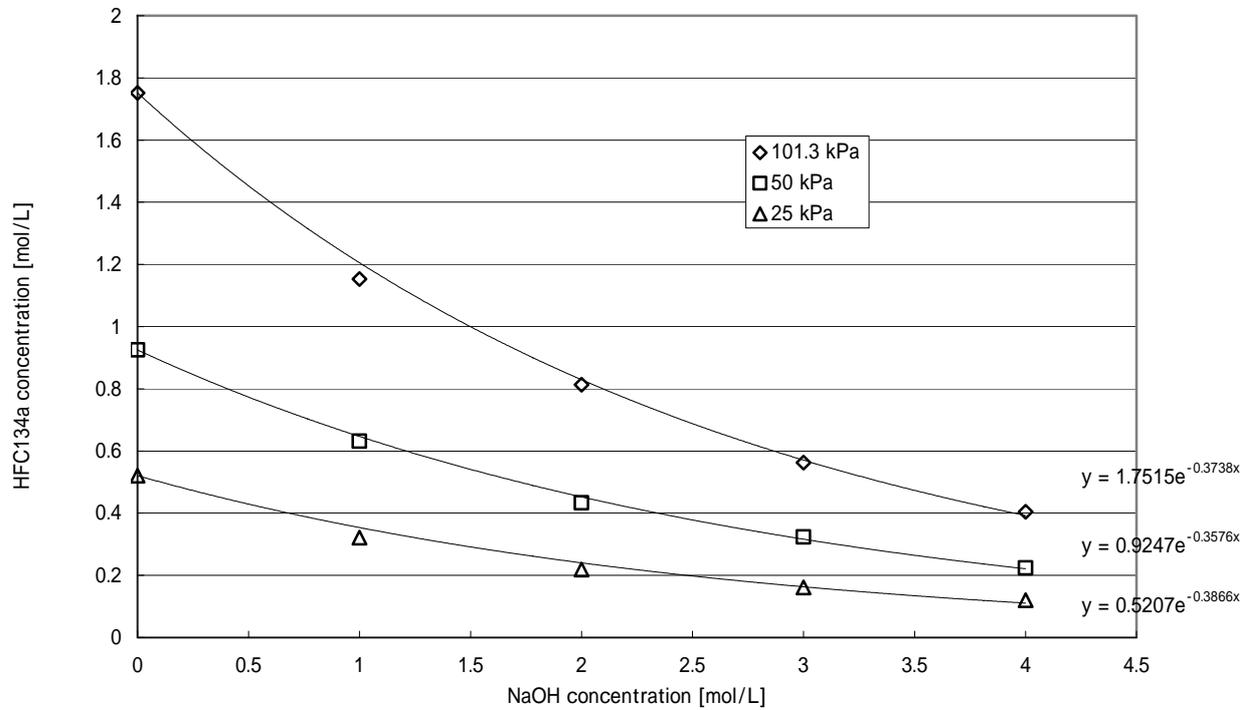


Fig. 6.43 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a 濃度

# 10 における HFC134a の Henry 定数

10

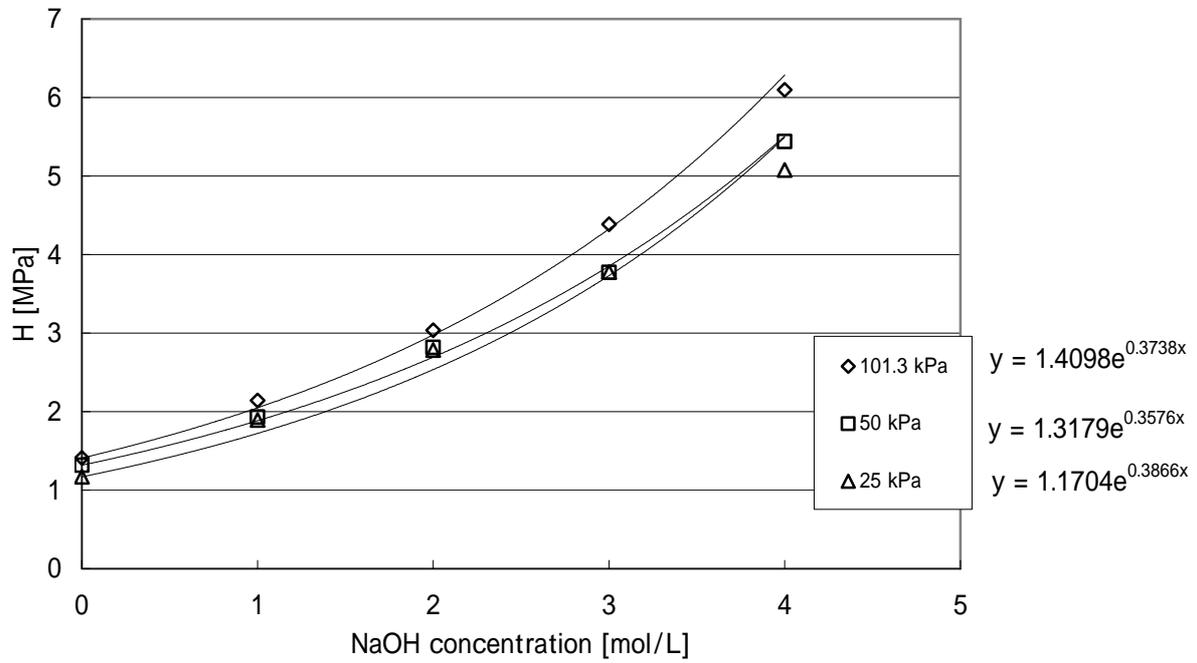


Fig. 6.44 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a の Henry 定数

## 20 における HFC134a の溶解度

20

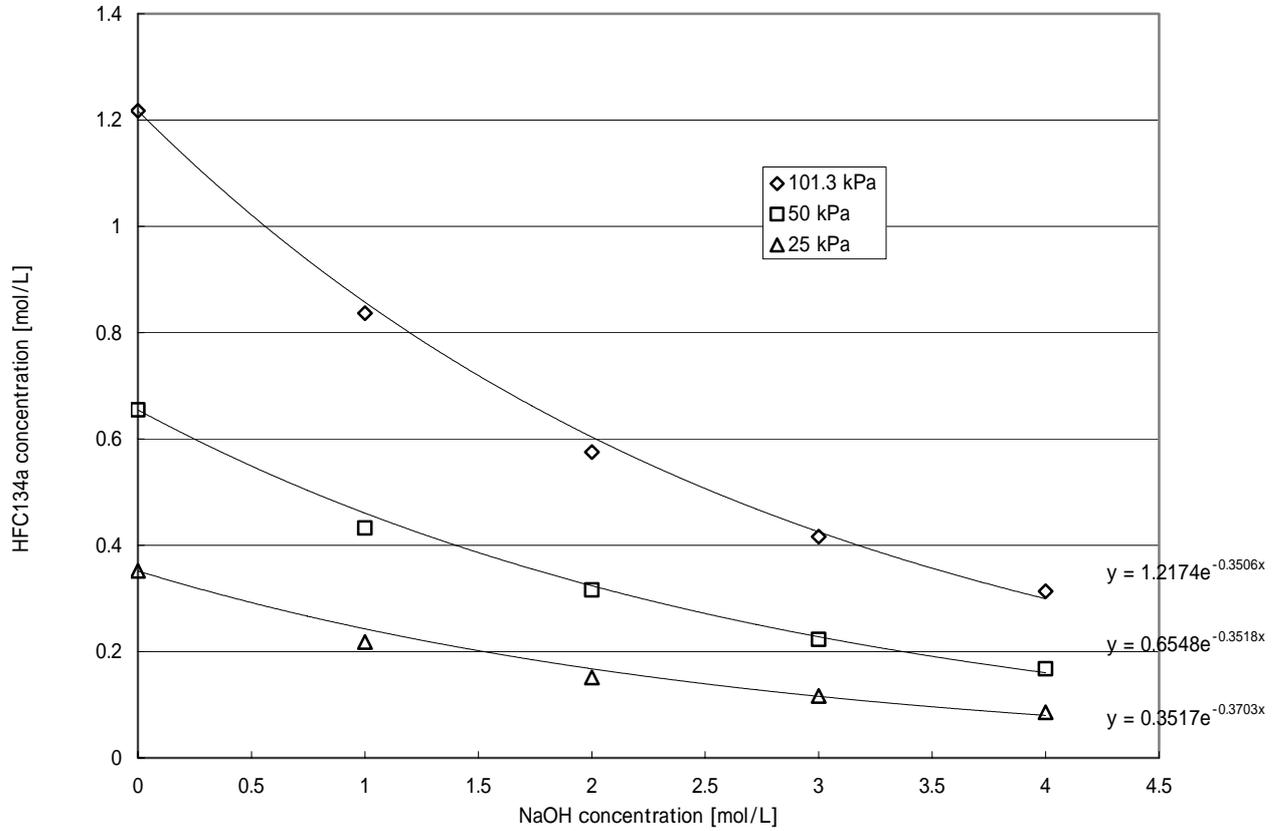


Fig. 6.45 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a 濃度

## 20 における HFC134a の Henry 定数

20

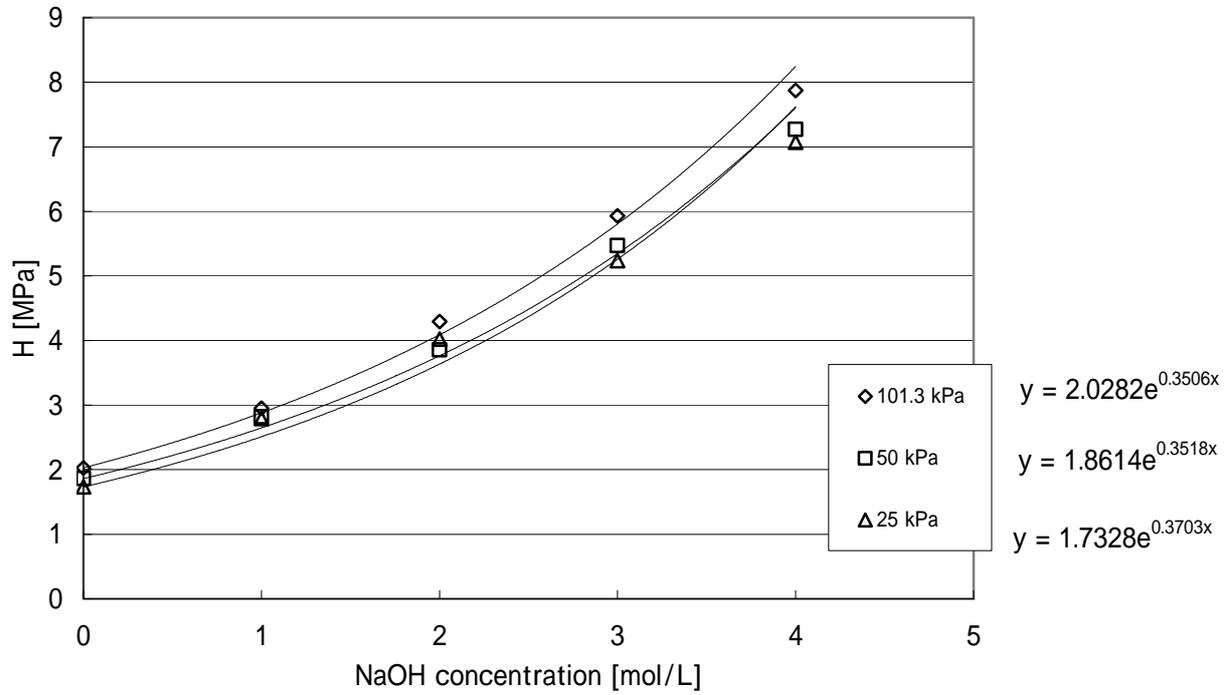


Fig. 6.46 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a の Henry 定数

# 30 における HFC134a の溶解度

30

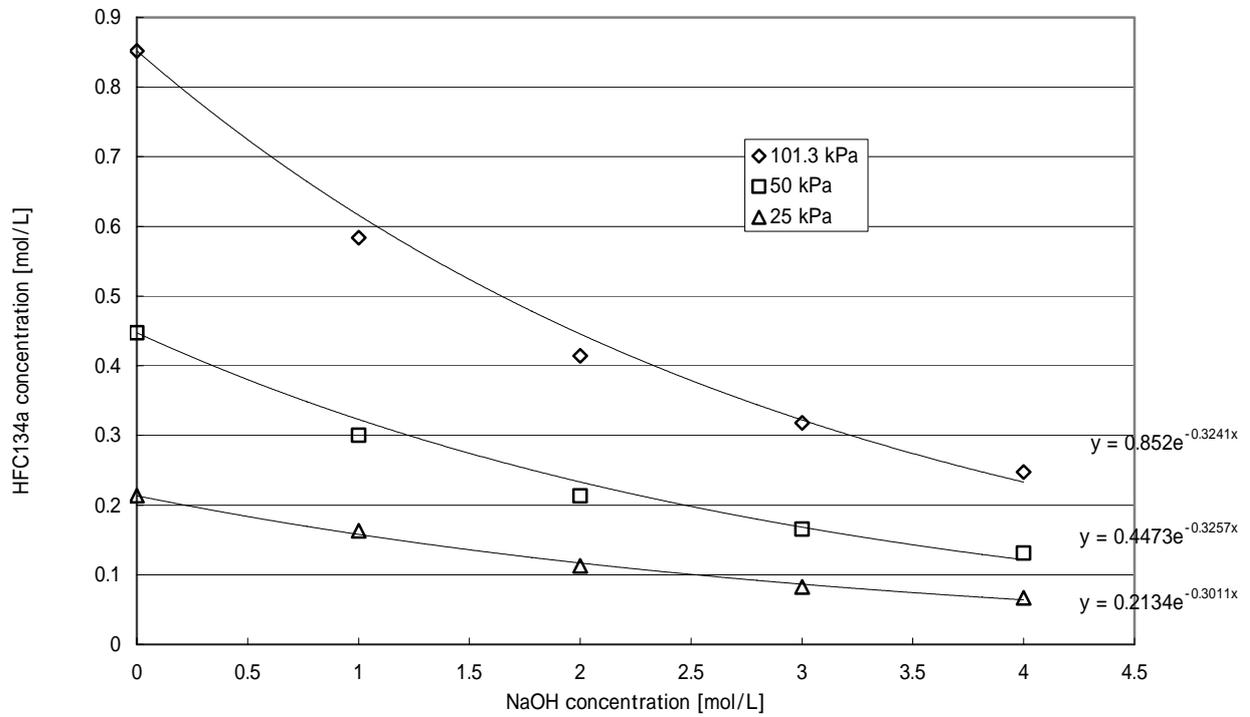


Fig. 6.47 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a 濃度

# 30 における HFC134a の Henry 定数

30

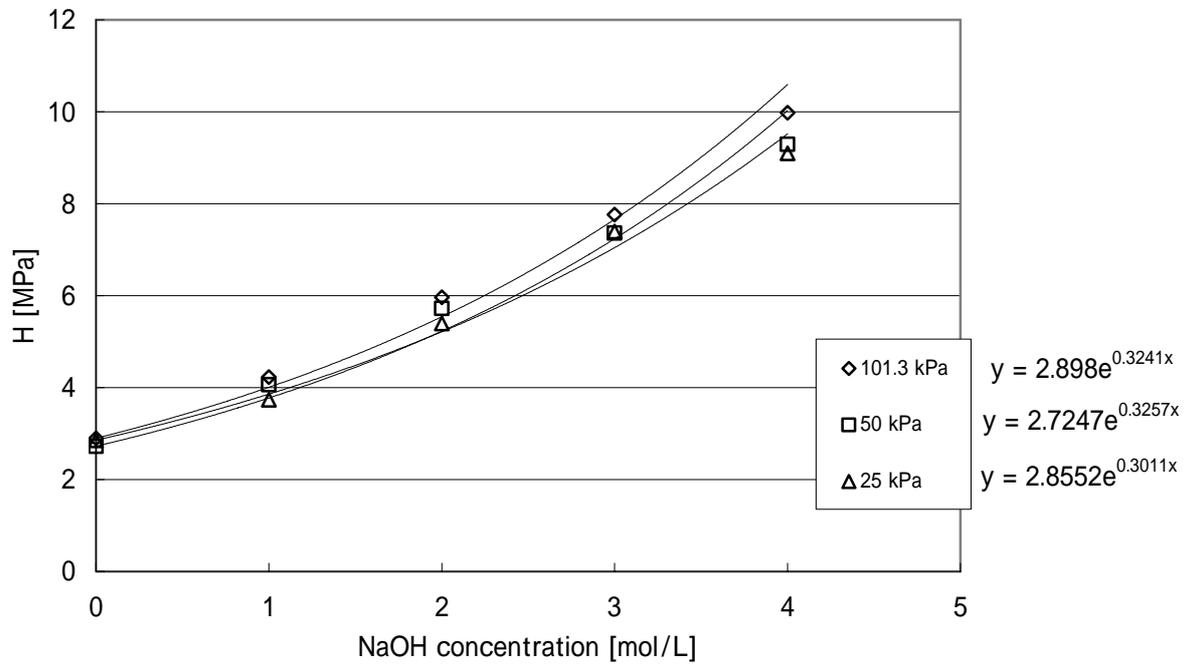


Fig. 6.48 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a の Henry 定数

## 6.6 HCFC22 の溶解度と Henry 定数

( 2002 年度卒業 天野文貴 氏の卒論データから )

### 5 における HCFC22 の溶解度

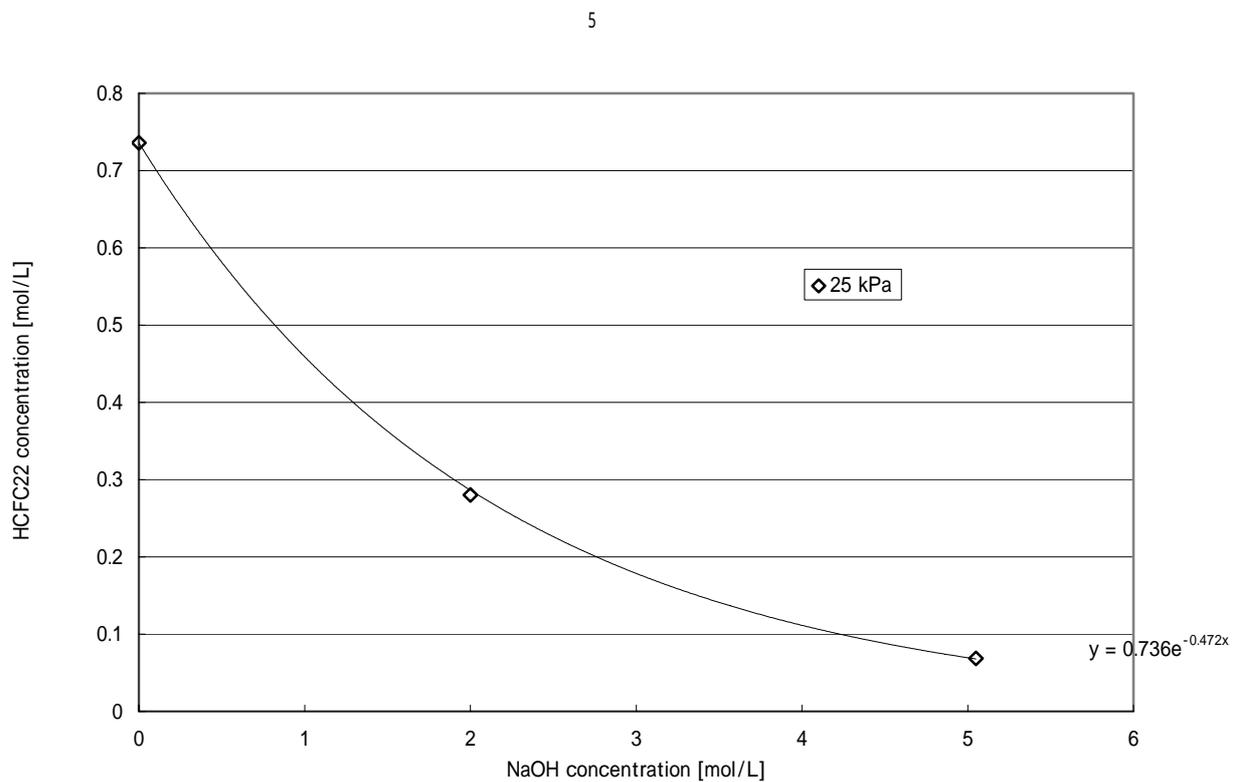


Fig. 6.49 5 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 濃度

## 5 における HCFC22 の Henry 定数

5

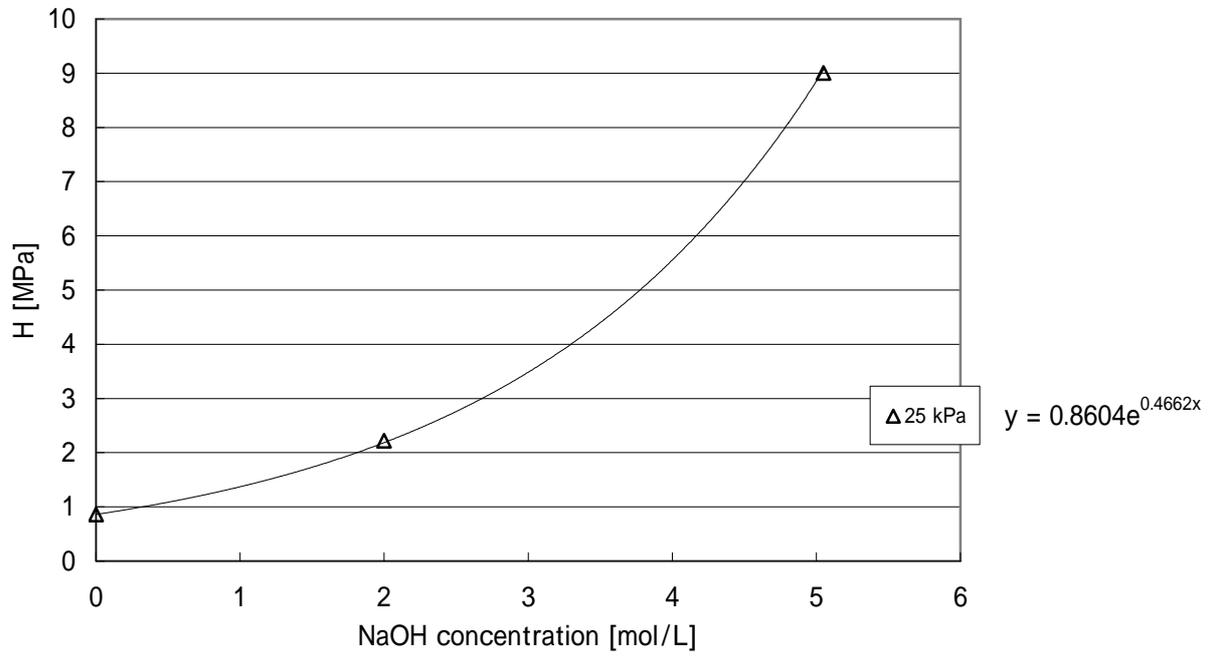


Fig. 6.50 5 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 の Henry 定数

# 10 における HCFC22 の溶解度

10

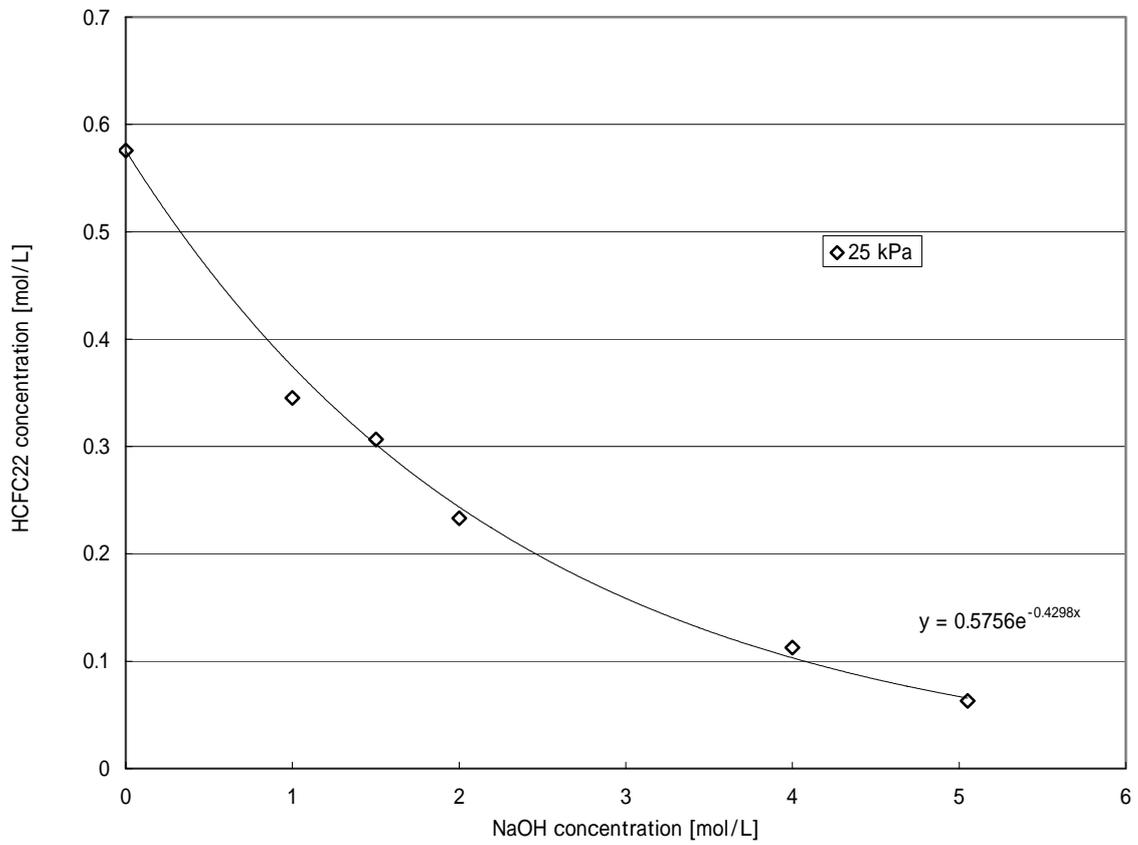


Fig. 6.51 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 濃度

# 10 における HCFC22 の Henry 定数

10

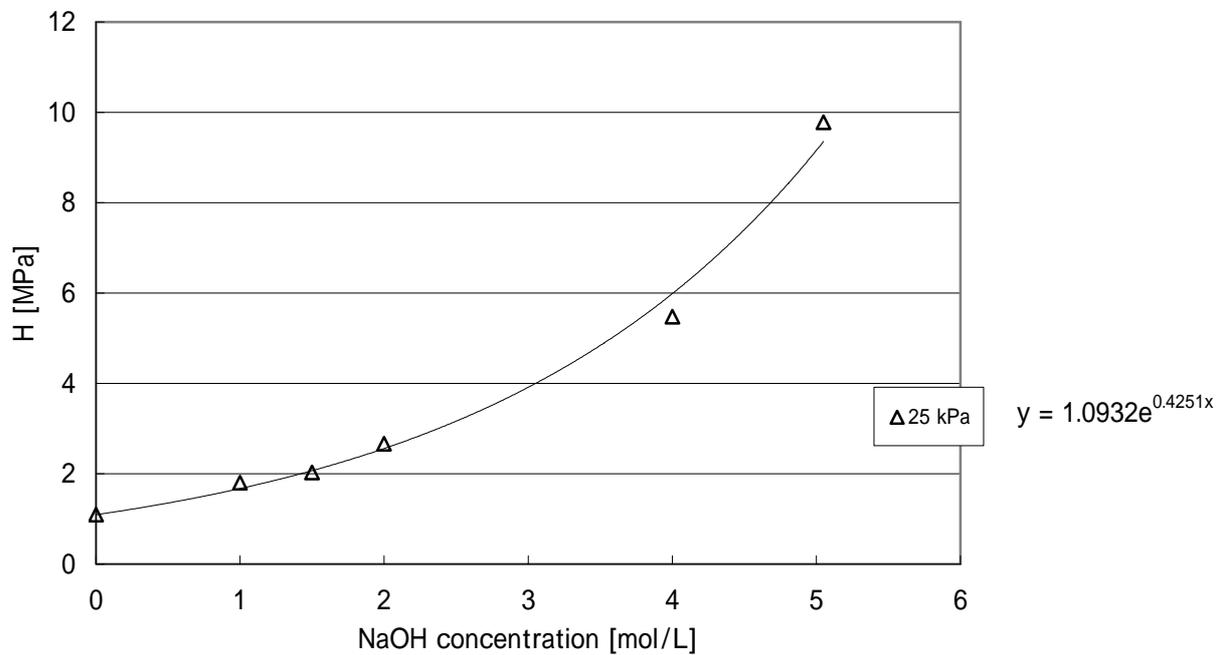


Fig. 6.52 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 の Henry 定数

## 20 における HCFC22 の溶解度

20

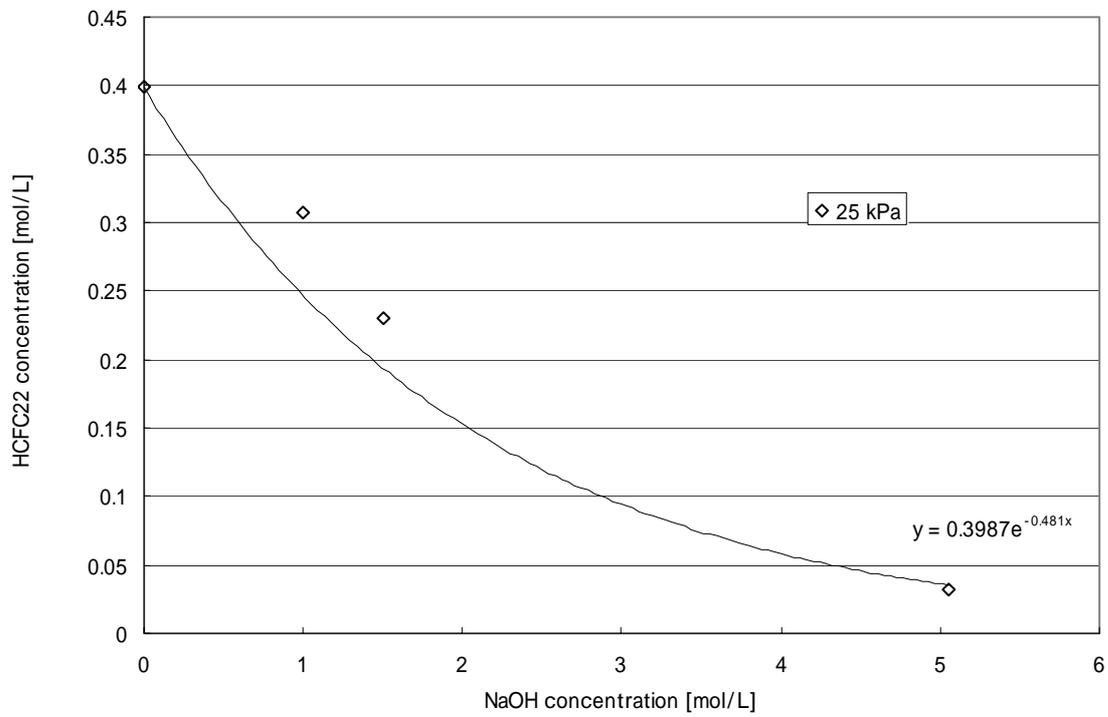


Fig. 6.53 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 濃度

## 20 における HCFC22 の Henry 定数

20

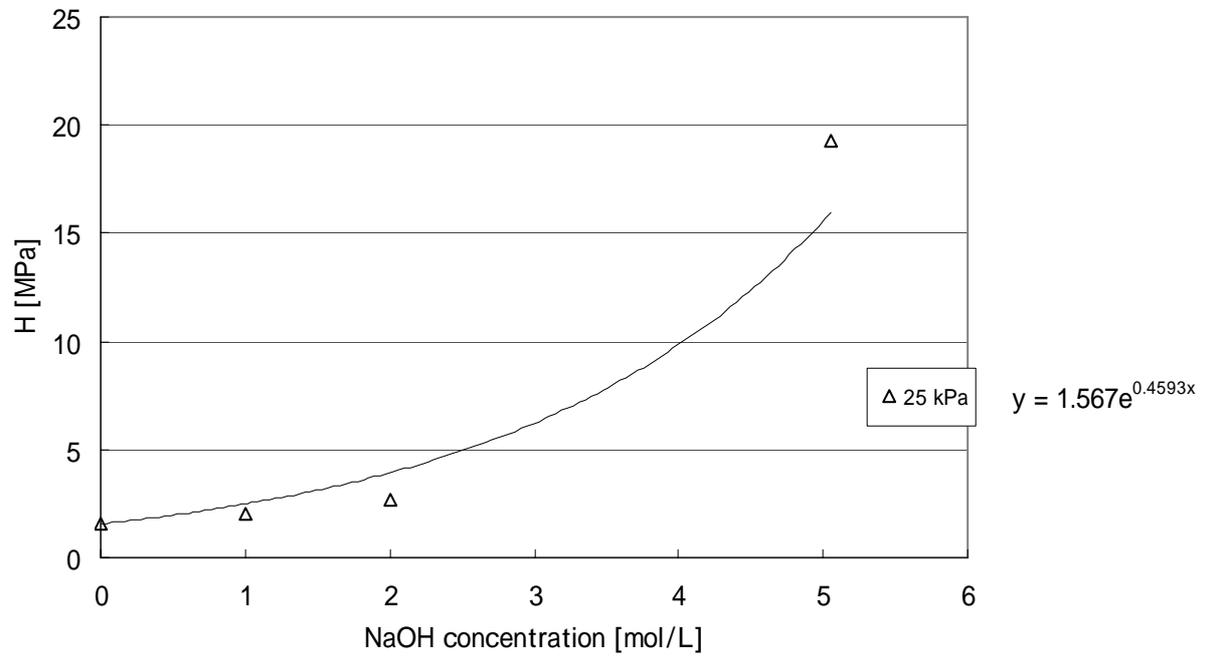


Fig. 6.54 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 の Henry 定数

## 第7章 検討

### 7.1 メタノール-NaOH 溶液における Henry 定数の相関式

第6章では、CFC12, HFC125, HFC152a, HFC32 の溶解度についての図を載せた。これらフロン<sup>®</sup>の溶解度は、NaOH 濃度が増加すると、それに伴い指数関数的に減少する。以下はこのとき成立する、フロン<sup>®</sup>の濃度と NaOH 濃度の関係である。

$$C_i / C_i^0 = e^{-hz} \quad (7.1)$$

$C_i$ : メタノール-NaOH溶液中のフロン濃度 [mol/L]

$C_i^0$ : メタノール溶液中のフロン濃度 [mol/L]

$h$ : フロン固有の定数 [L/mol]

$z$ : NaOH 濃度 [mol/L]

また第6章では、各フロン<sup>®</sup>の Henry 定数と NaOH 濃度の関係を載せた。以下はこのとき成立する、フロン<sup>®</sup>濃度と NaOH 濃度の関係である。

$$H = H^0 / (C_i / C_i^0) \quad (7.2)$$

$H$ : メタノール-NaOH 溶液中でのフロン<sup>®</sup>の Henry 定数 [MPa]

$H^0$ : フロン<sup>®</sup>-メタノール系の Henry 定数 [MPa]

(7.1) を (7.2) に代入して整理すると、以下の式になる。

$$H = H^0 e^{hz} \quad (7.3)$$

(7.3) は  $h$  わかれば、 $H$  が決定することを示唆している。

## 7.2 フロン固有の定数 $h$ の決定

第6章に載せた、各フロンの Henry 定数と NaOH 濃度の関係と、(7.3)を用いてフロン固有の定数  $h$  を算出した。以下の Fig. 7.1 ~ 7.6 はその結果である。

### CFC12 のフロン固有の定数 $h$

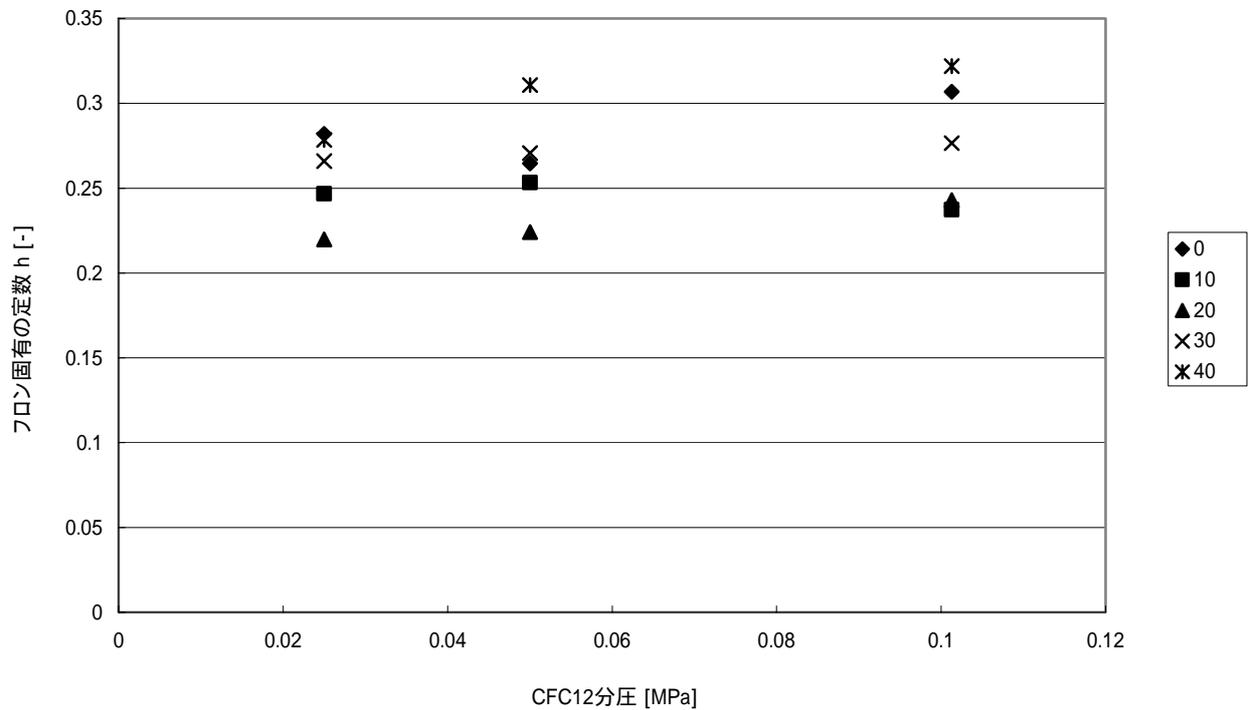


Fig. 7.1 CFC12 のフロン固有の定数  $h$

CFC12 のフロン固有の定数  $h$  の平均値 : 0.267

平均相対誤差率 : 9.08%

# HFC125 のフロン固有の定数 $h$

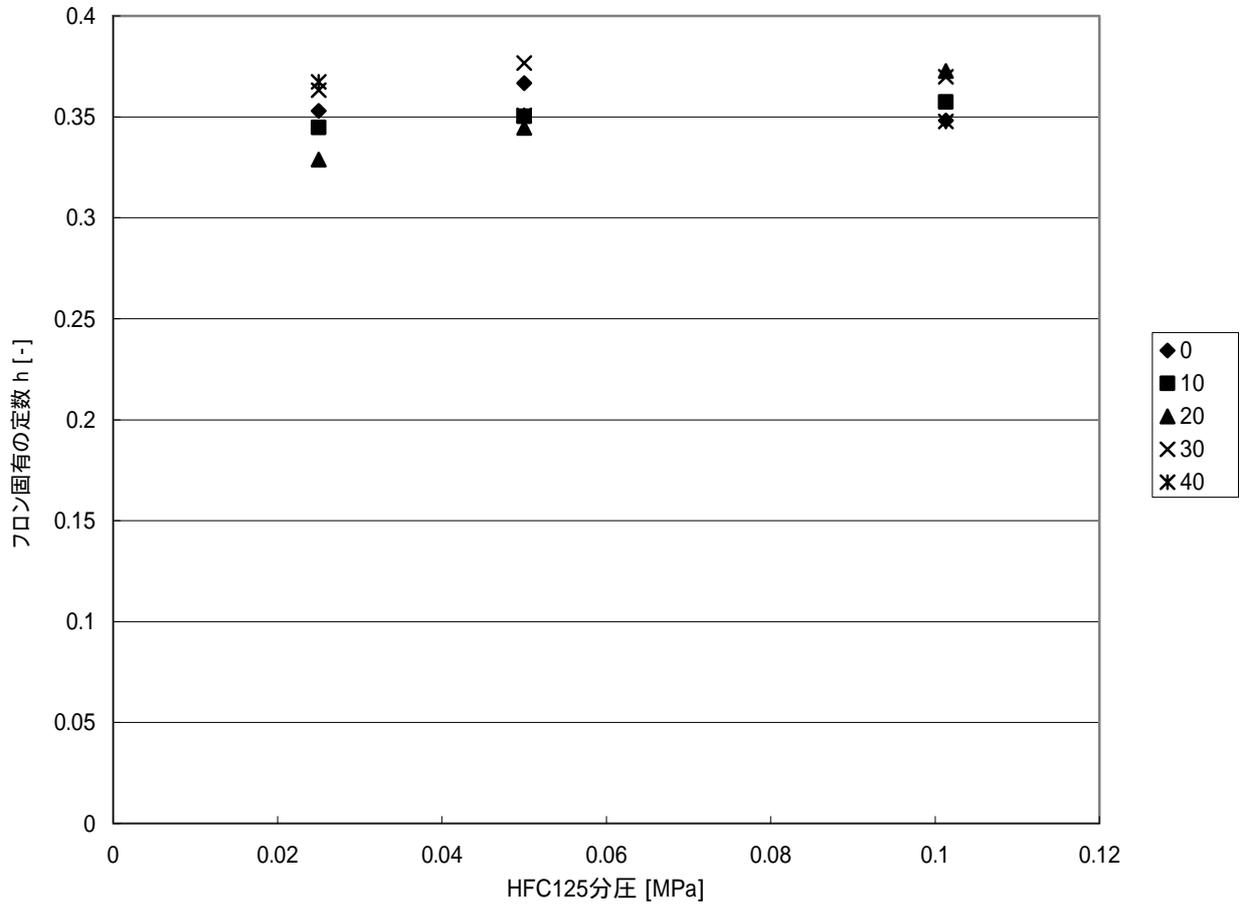


Fig. 7.2 HFC125 のフロン固有の定数  $h$

HFC125 のフロン固有の定数  $h$  の平均値 : 0.356

平均相対誤差率 : 3.05%

# HFC152a のフロン固有の定数 $h$

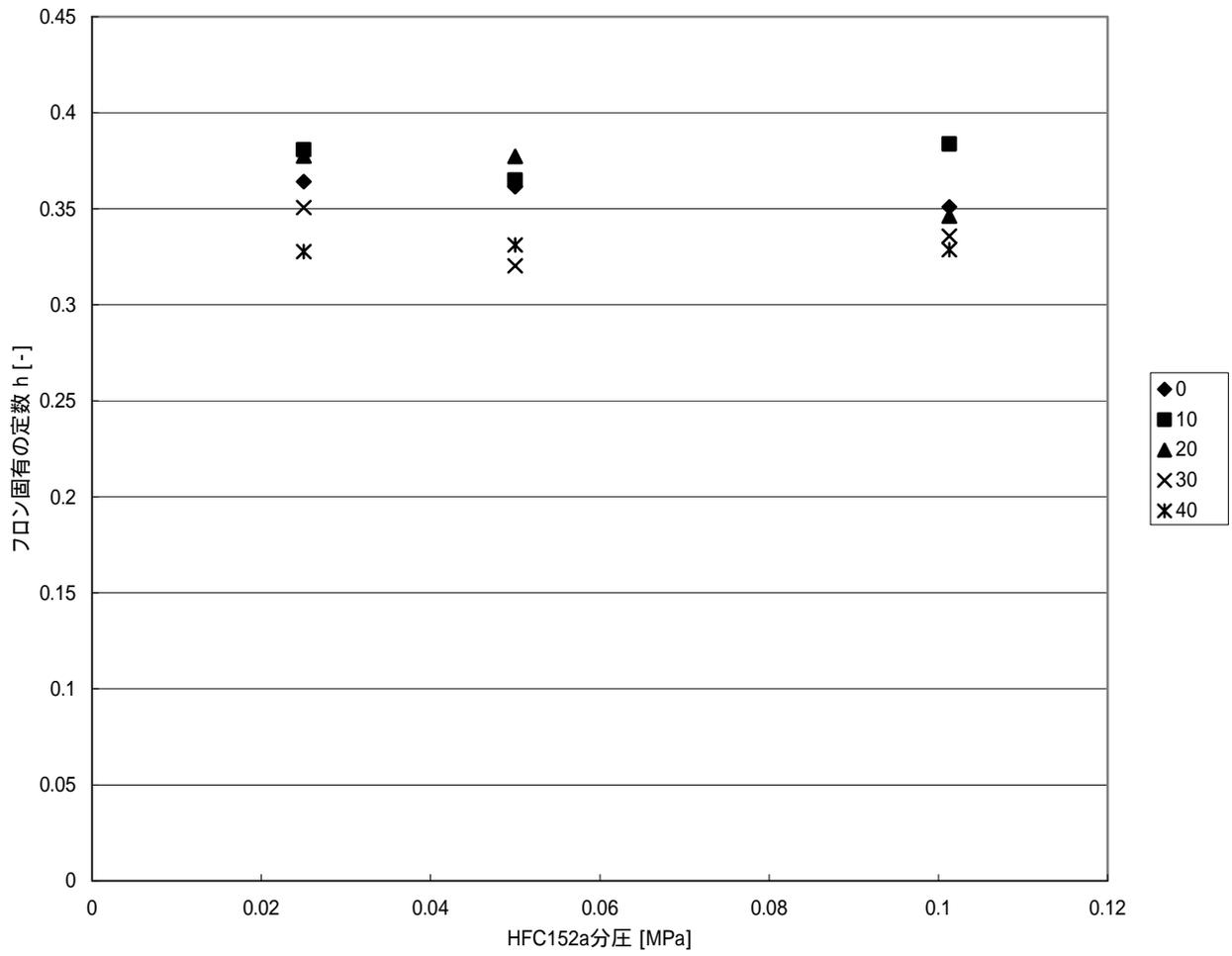


Fig. 7.3 HFC152a のフロン固有の定数  $h$

HFC152a のフロン固有の定数  $h$  の平均値 : 0.353

平均相対誤差率 : 5.16%

# HFC32 のフロン固有の定数 $h$

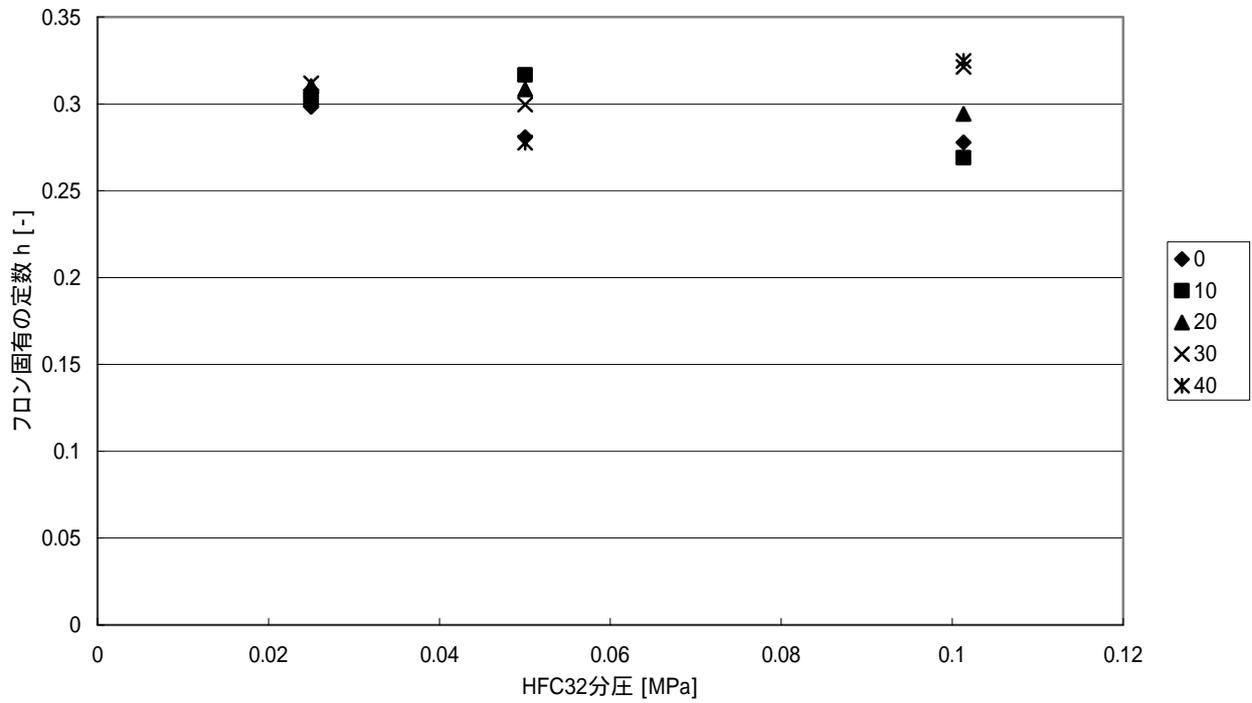


Fig. 7.4 HFC32 のフロン固有の定数  $h$

HFC32 のフロン固有の定数  $h$  の平均値 : 0.300

平均相対誤差率 : 4.56%

# HFC134a のフロン固有の定数 $h$

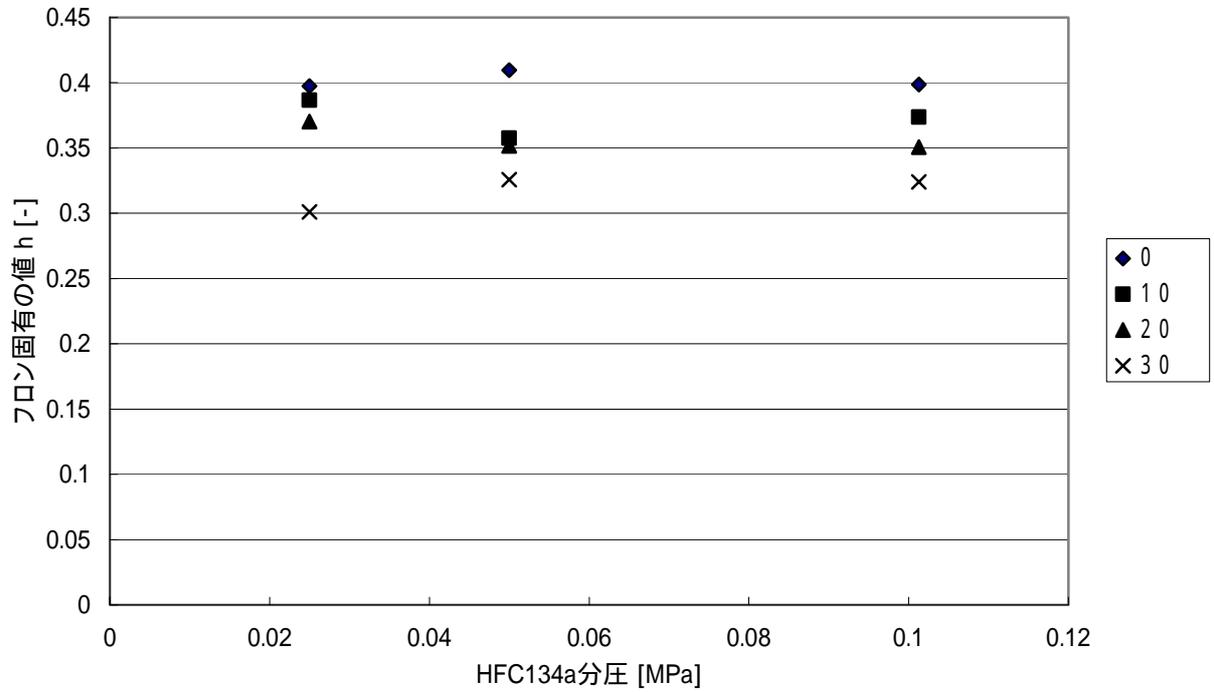


Fig. 7.5 HFC134a のフロン固有の定数  $h$

HFC134a のフロン固有の定数  $h$  の平均値 : 0.362

平均相対誤差率 : 7.67%

# HCFC22 のフロン固有の定数 $h$

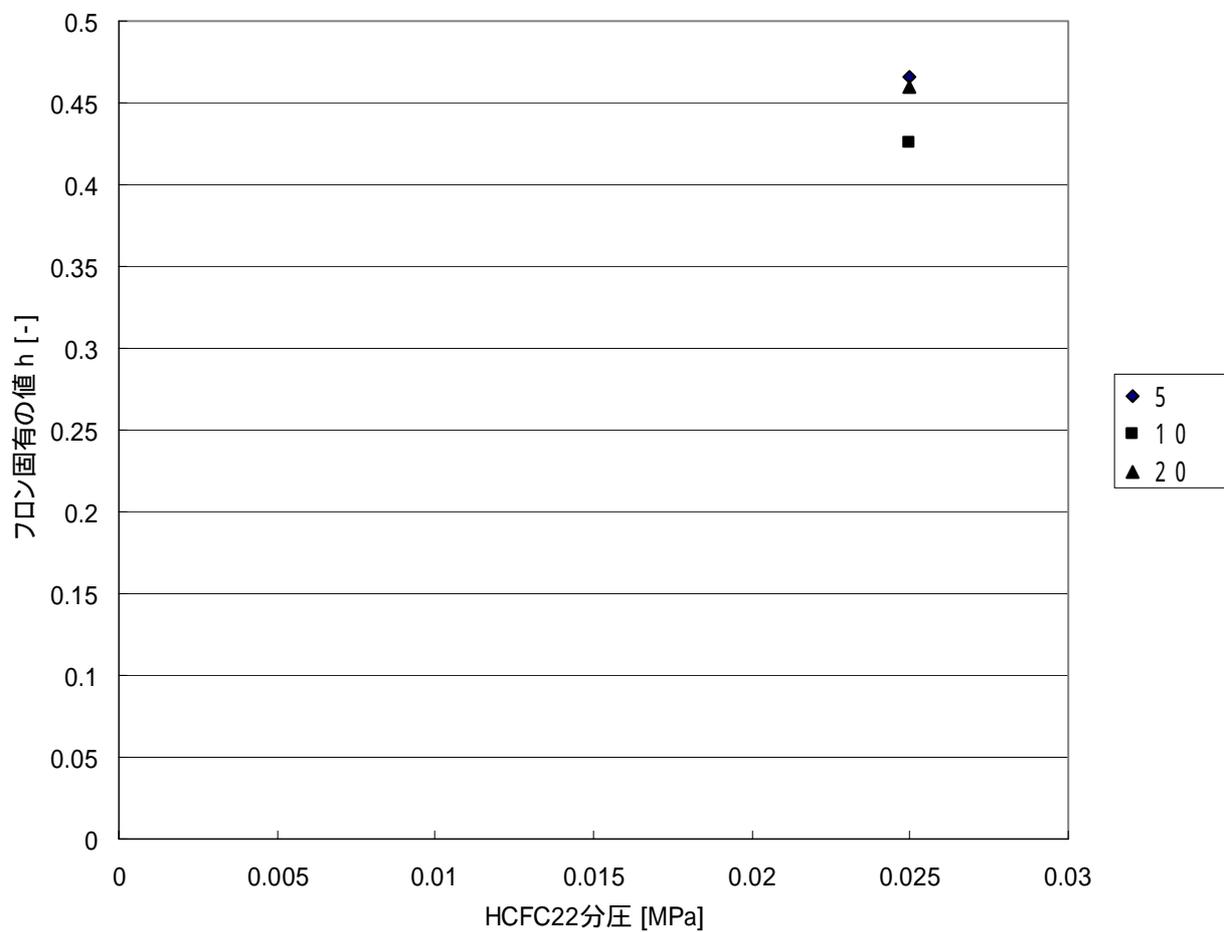


Fig. 7.6 HCFC22 のフロン固有の定数  $h$

HCFC22 のフロン固有の定数  $h$  の平均値 : 0.450

平均相対誤差率 : 3.77%

## 第8章 フロンの Henry 定数相関

本章では、第7章で得られたフロン固有の定数 $h$ と(7.3)式を用いて $H$ を算出し、第6章で得た実験値との相関を行う。手順は、(7.3)式の $H^0$ ,  $h$ ,  $z$  は既知なので、単純に方程式を解くことで、 $H$ が得られる。

### 8.1 CFC12 の Henry 定数相関

#### 0 における CFC12 の Henry 定数相関

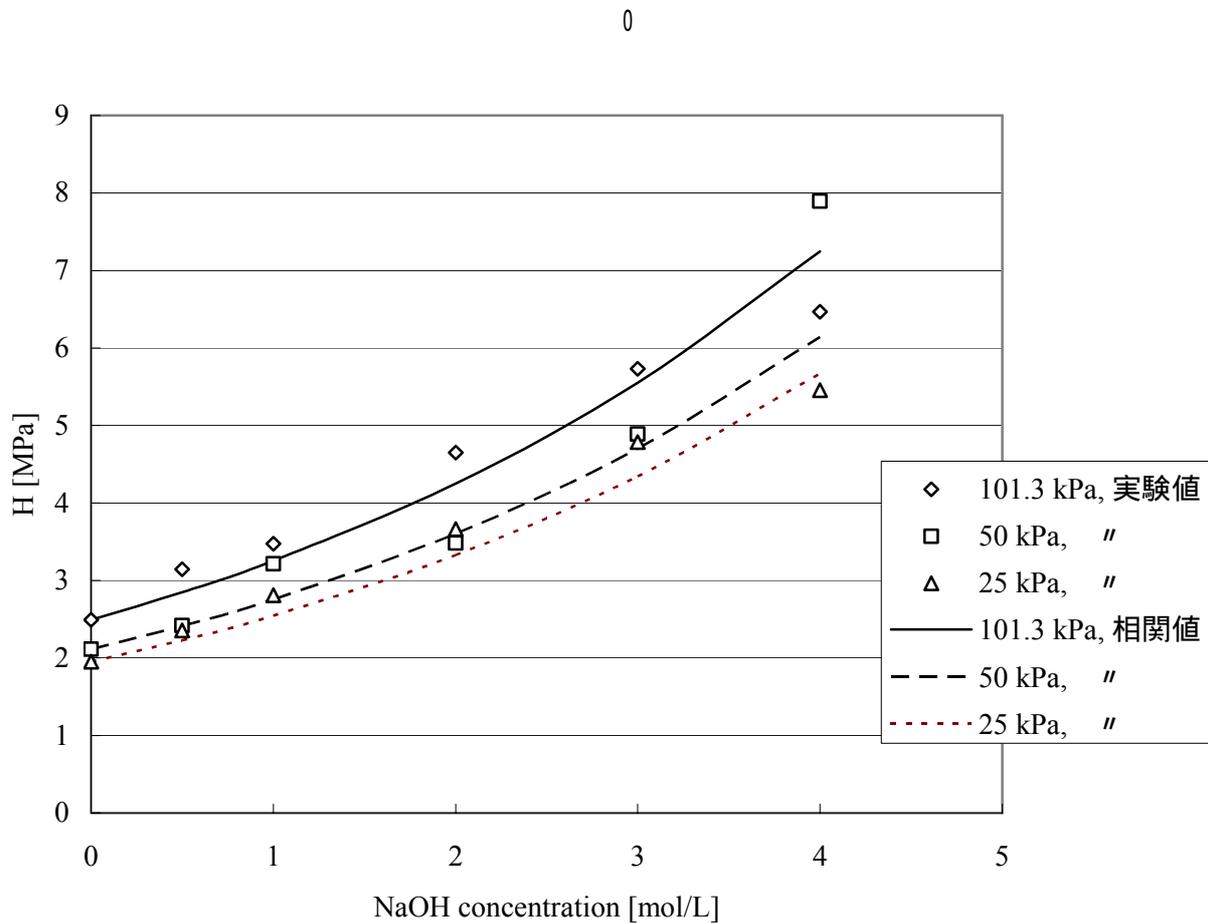


Fig. 8.1 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 の Henry 定数相関

10 における CFC12 の Henry 定数相関

10

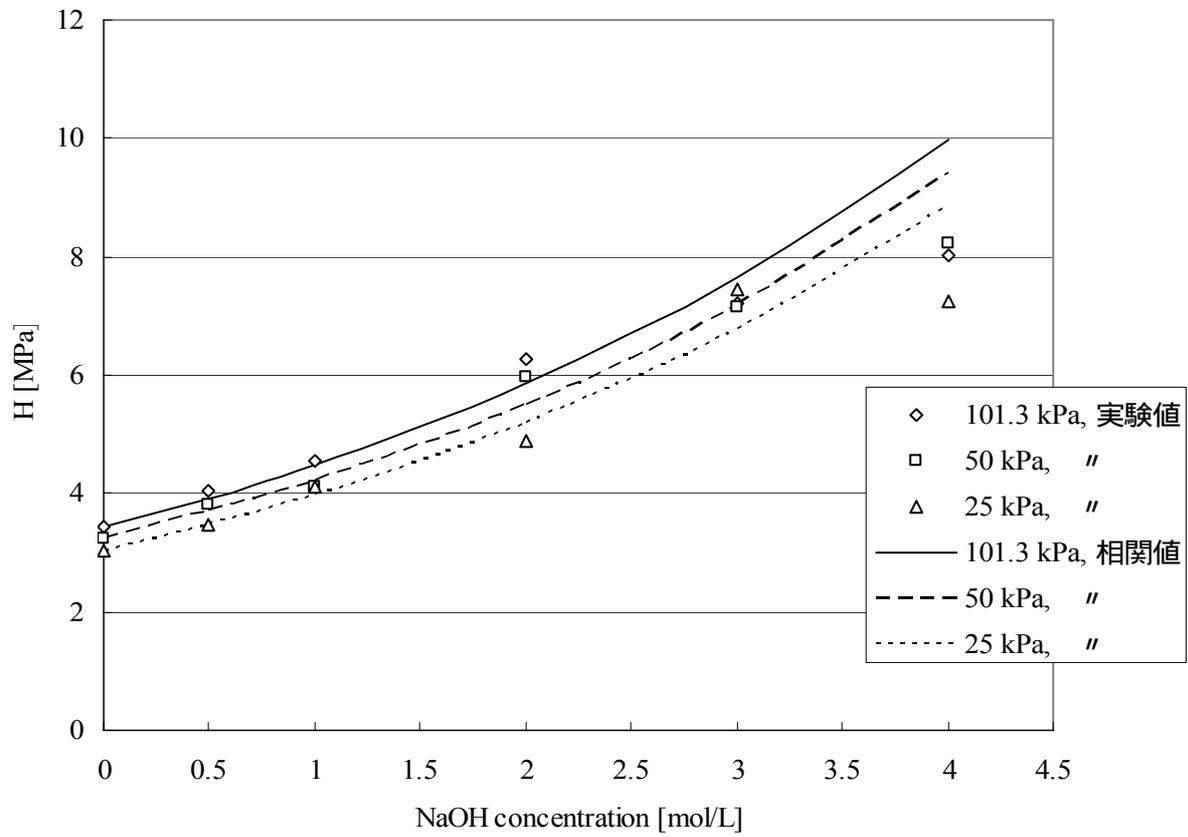


Fig. 8.2 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 の Henry 定数相関

20 における CFC12 の Henry 定数相関

20

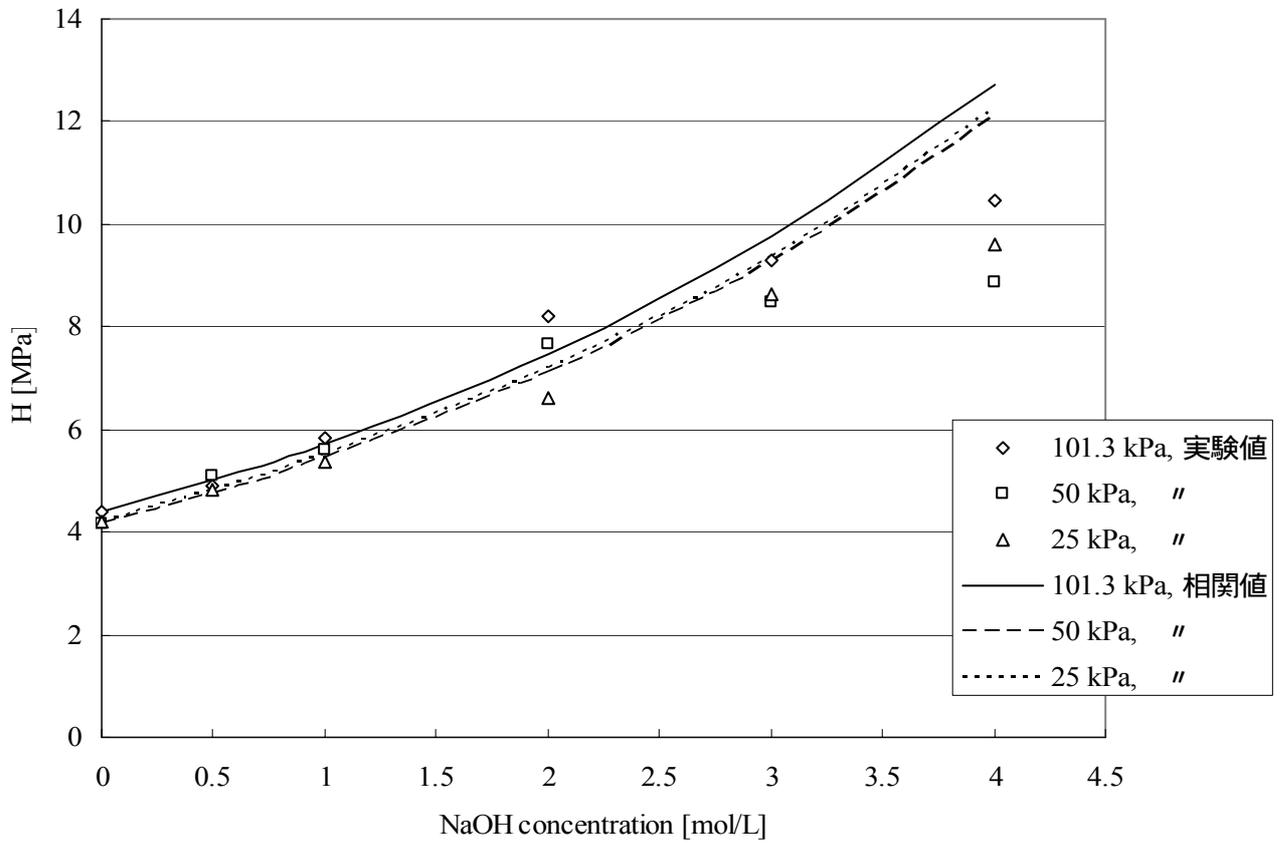


Fig. 8.3 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 の Henry 定数相関

30 における CFC12 の Henry 定数相関

30

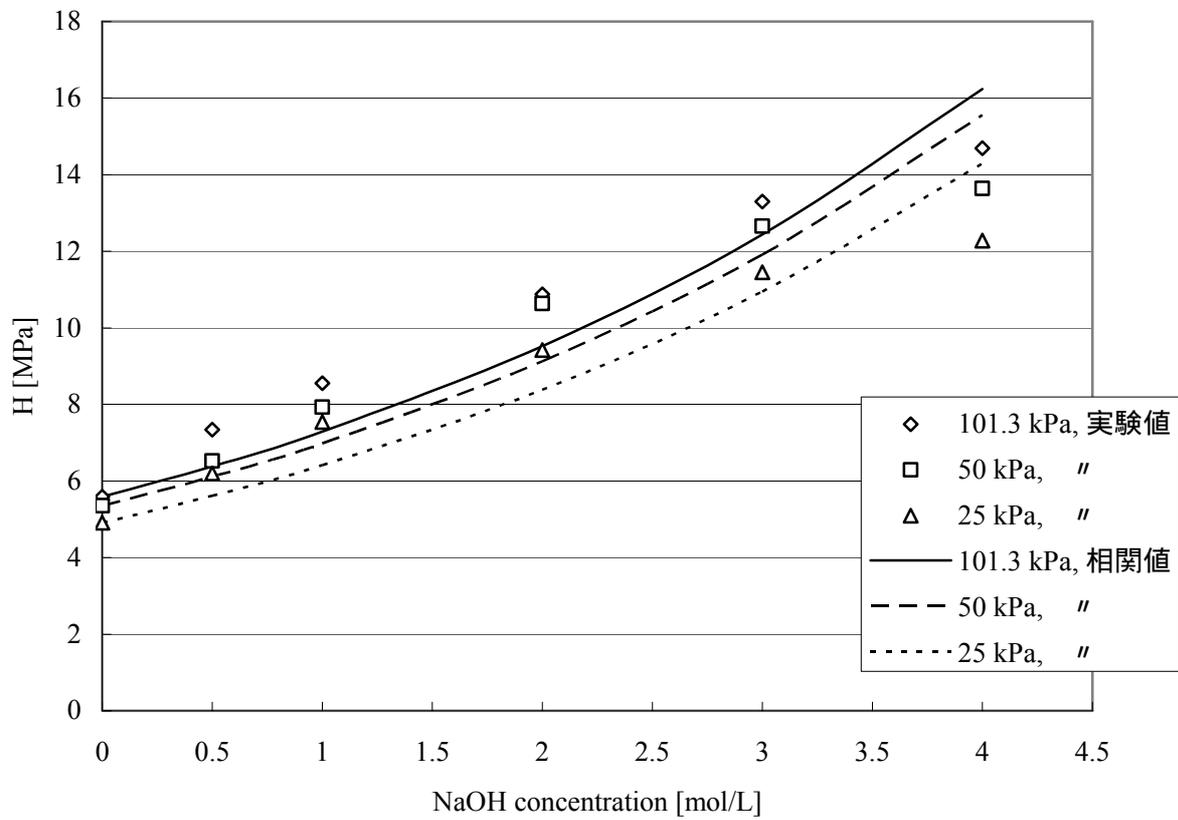


Fig. 8.4 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 の Henry 定数相関

# 40 における CFC12 の Henry 定数相関

40

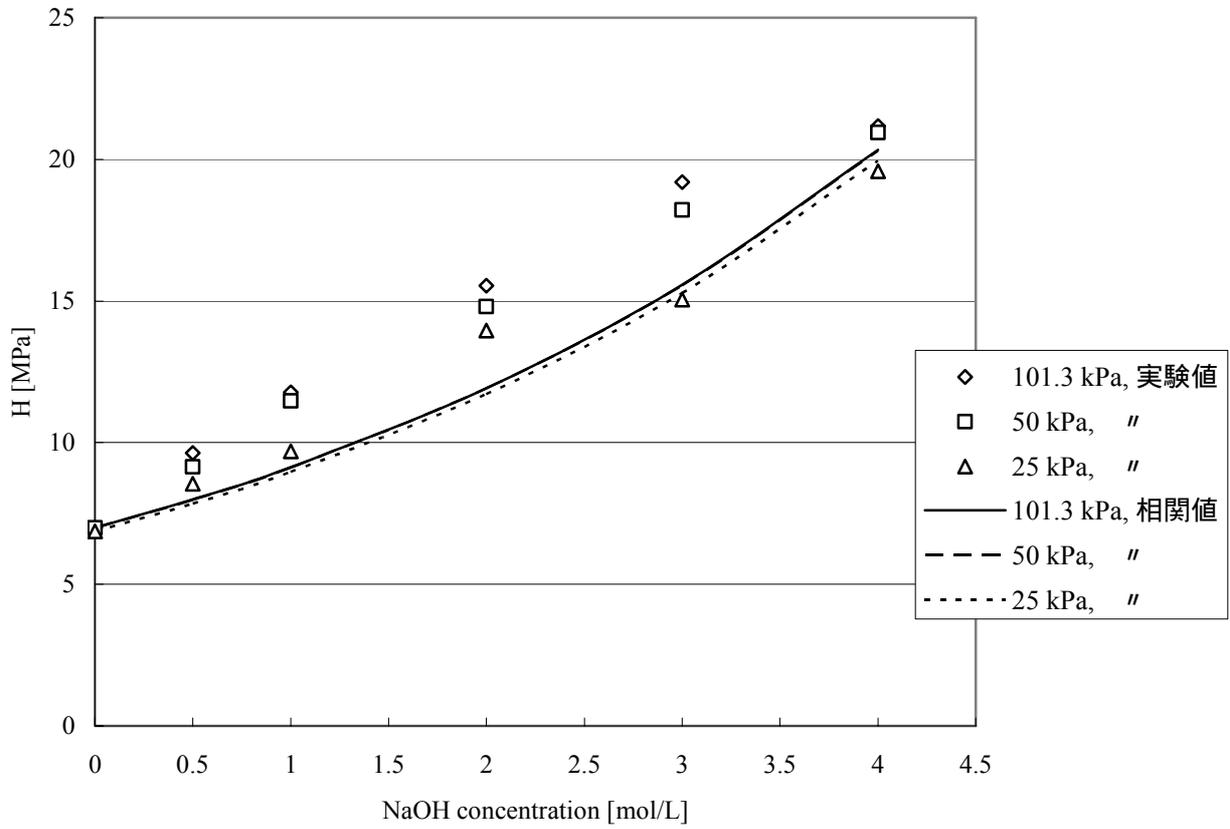


Fig. 8.5 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数相関

## 8.2 HFC125 の Henry 定数相関

### 0 における HFC125 の Henry 定数相関

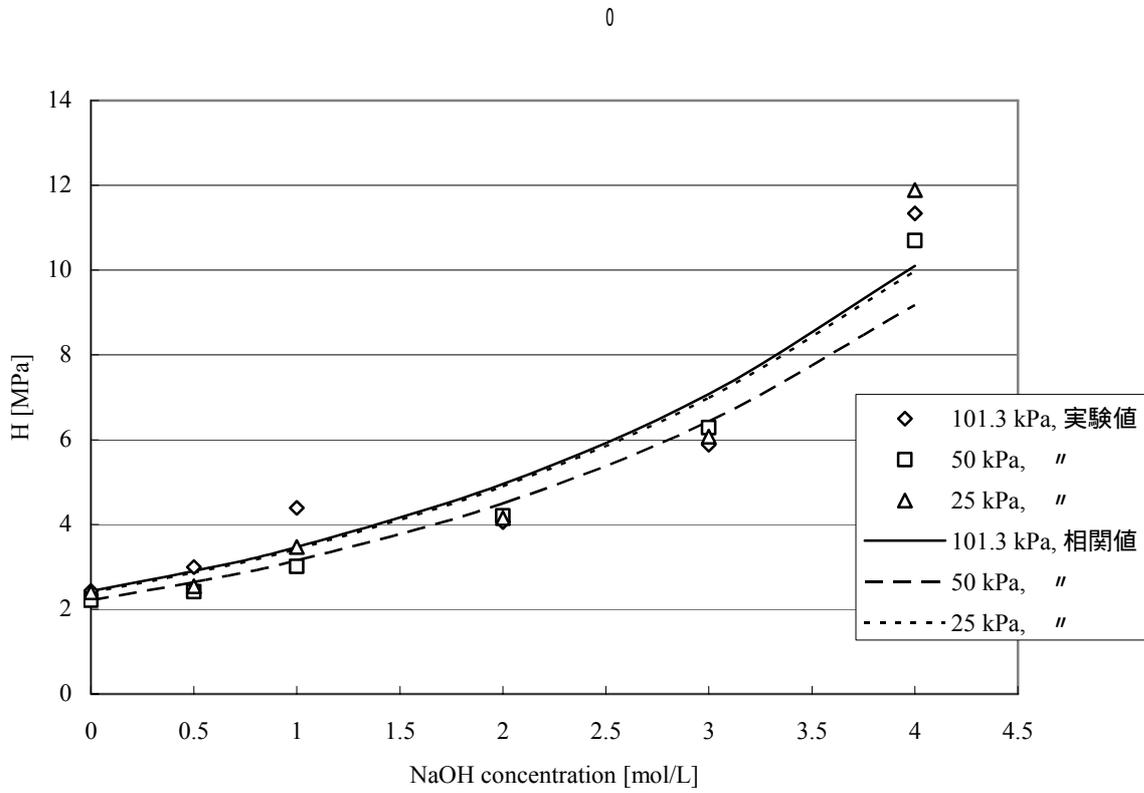


Fig. 8.6 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数相関

10 における HFC125 の Henry 定数相関

10

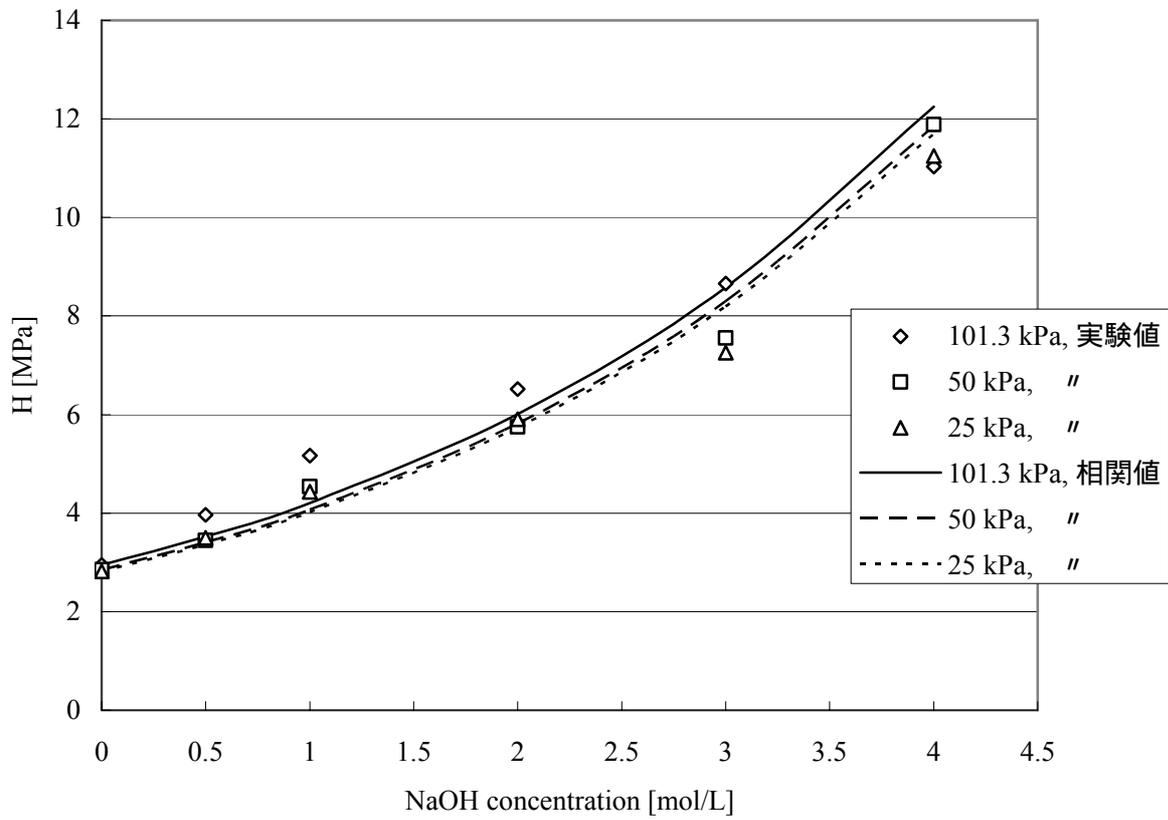


Fig. 8.6 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数相関

## 20 における HFC125 の Henry 定数相関

20

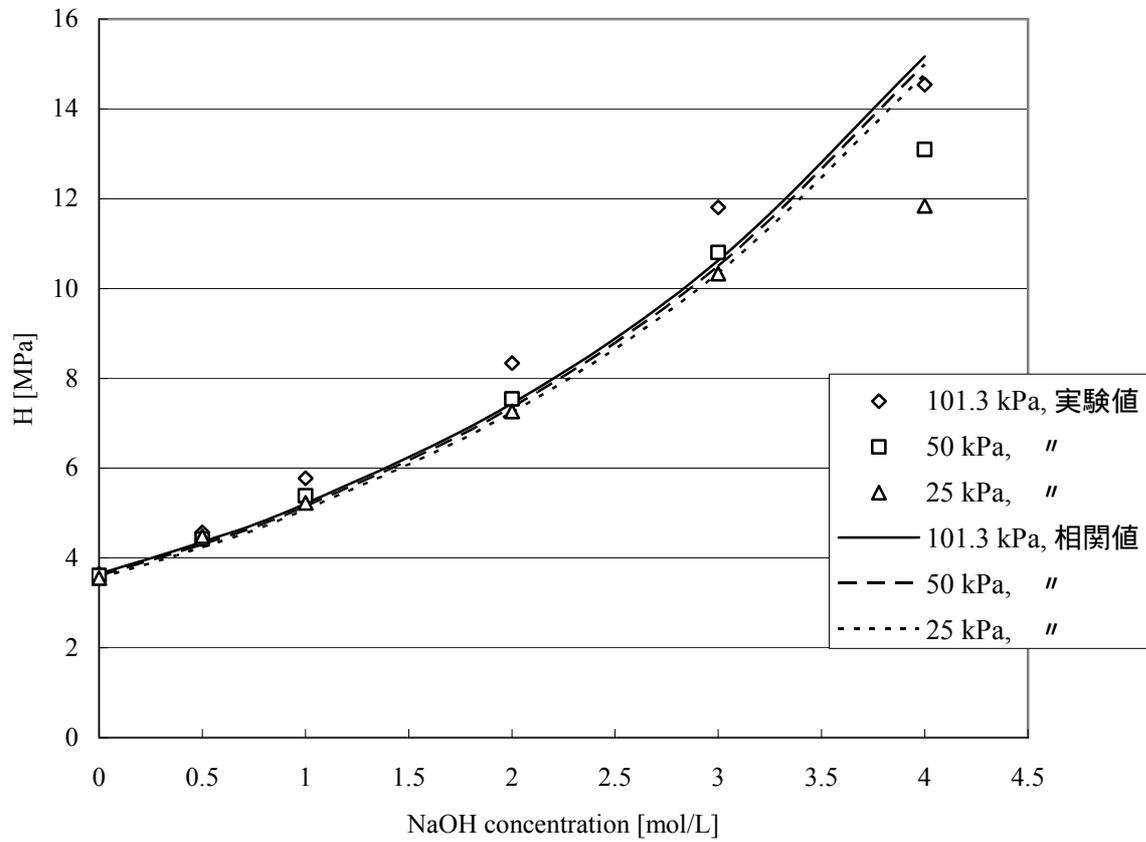


Fig. 8.8 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数相関

30 における HFC125 の Henry 定数相関

30

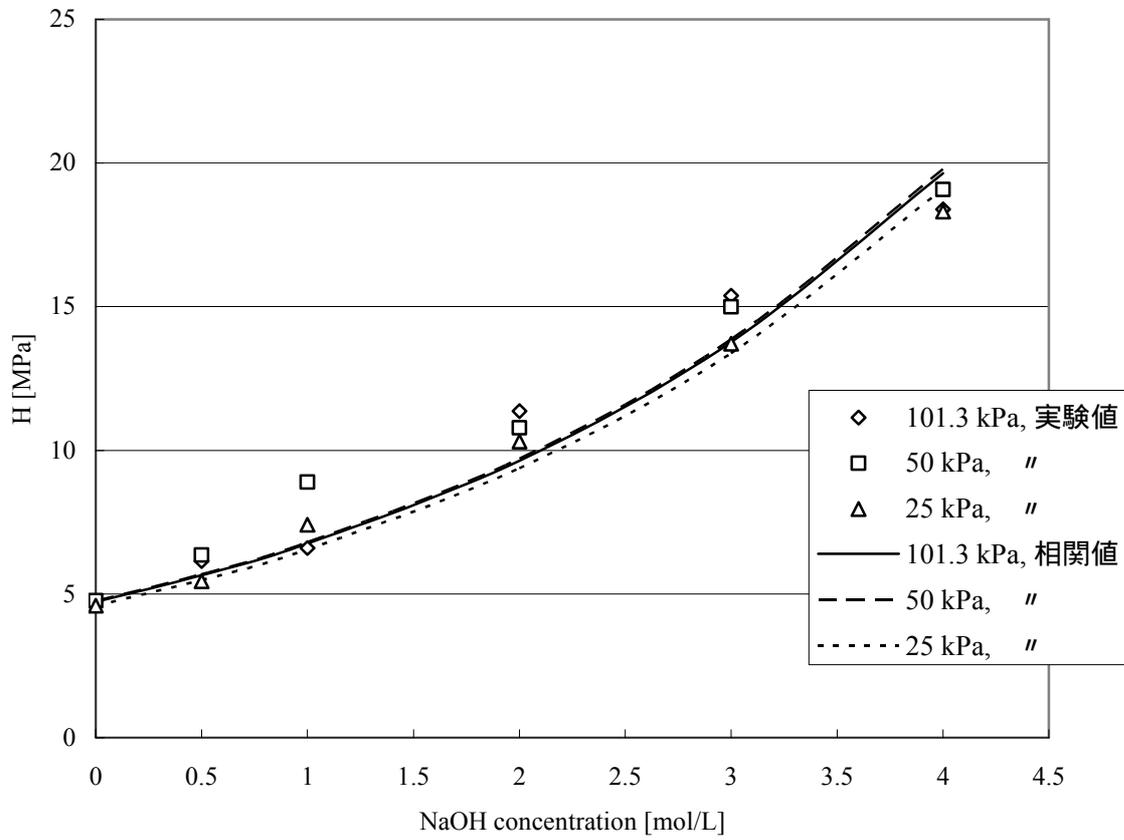


Fig. 8.9 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数相関

40 における HFC125 の Henry 定数相関

40

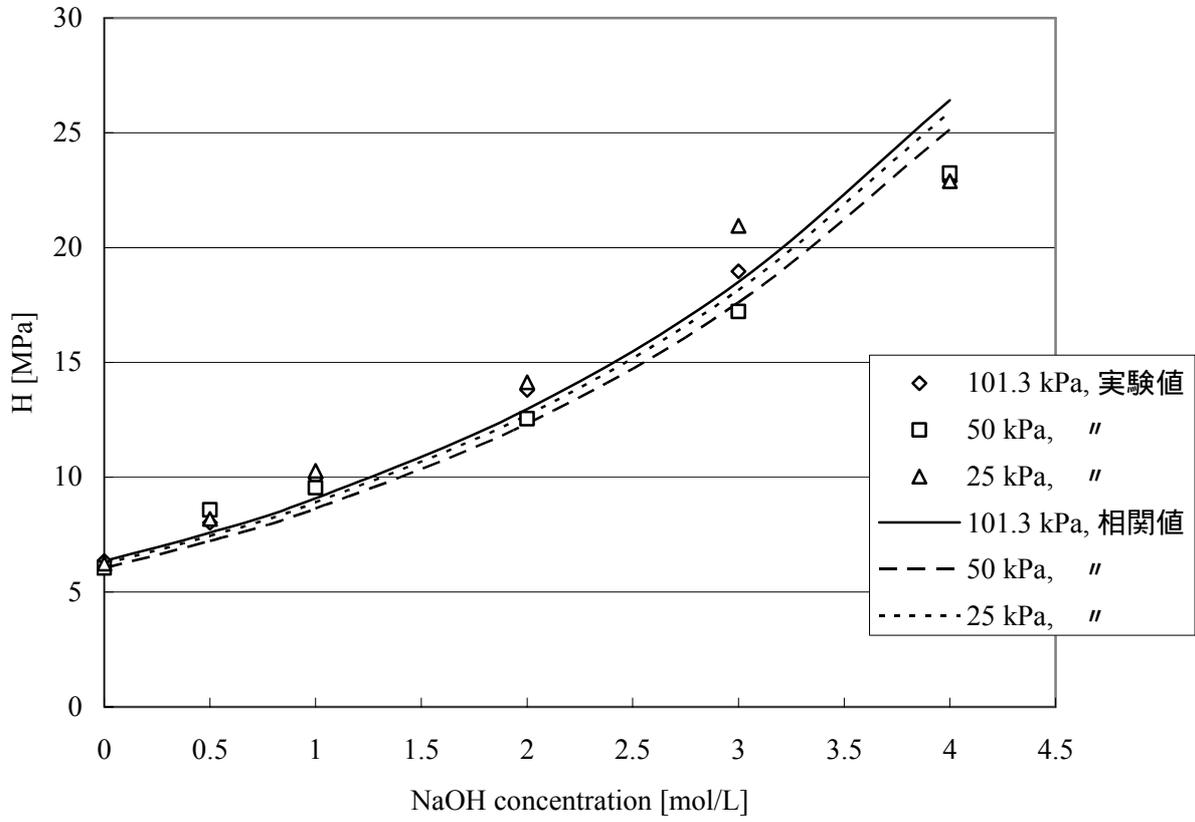


Fig. 8.10 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数相関

### 8.3 HFC152a の Henry 定数相関

#### 0 における HFC152a の Henry 定数相関

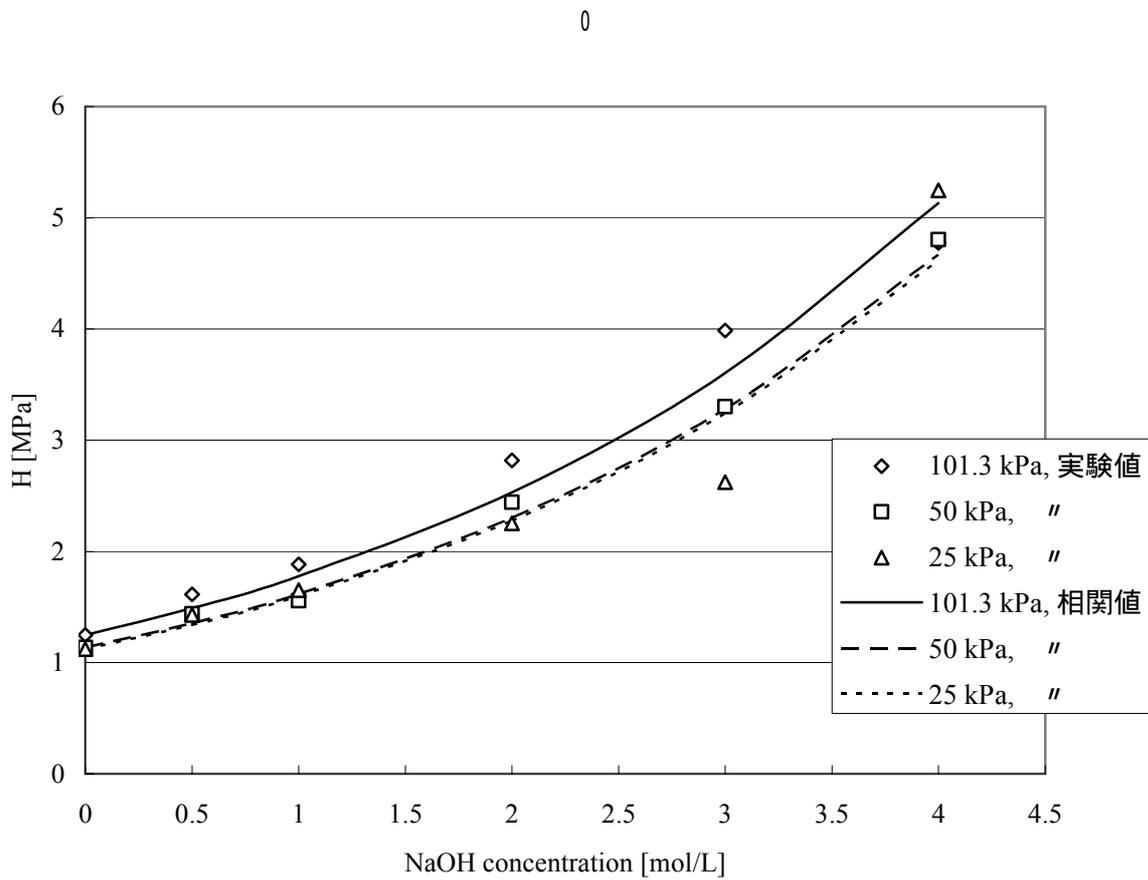


Fig. 8.11 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数相関

10 における HFC152a の Henry 定数相関

10

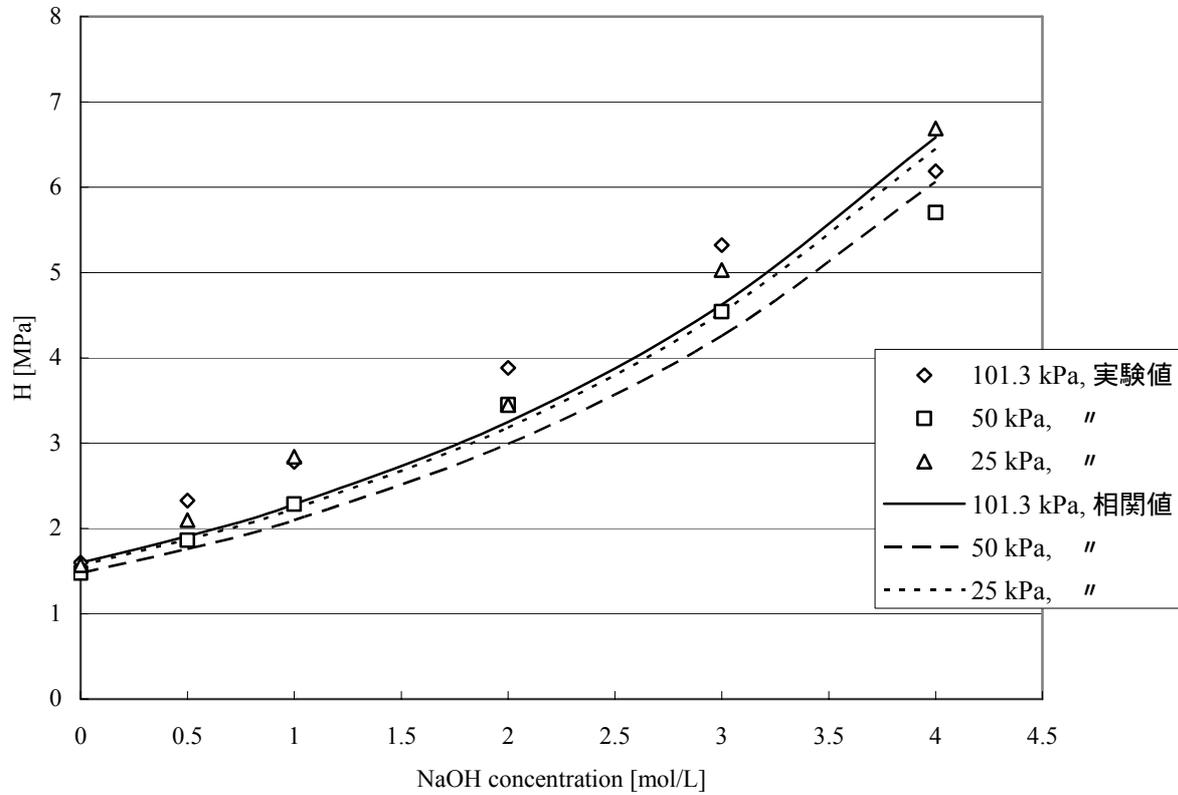


Fig. 8.12 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数相関

## 20 における HFC152a の Henry 定数相関

20

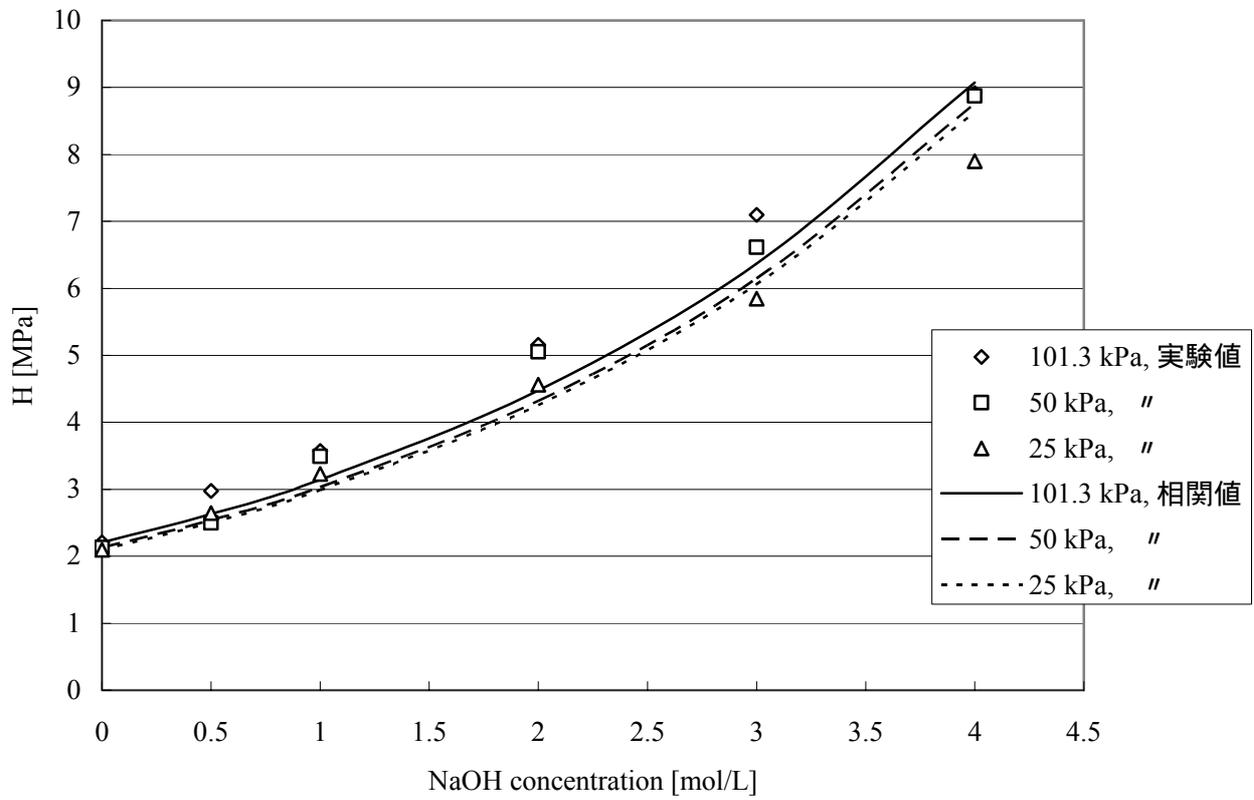


Fig. 8.13 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数相関

30 における HFC152a の Henry 定数相関

30

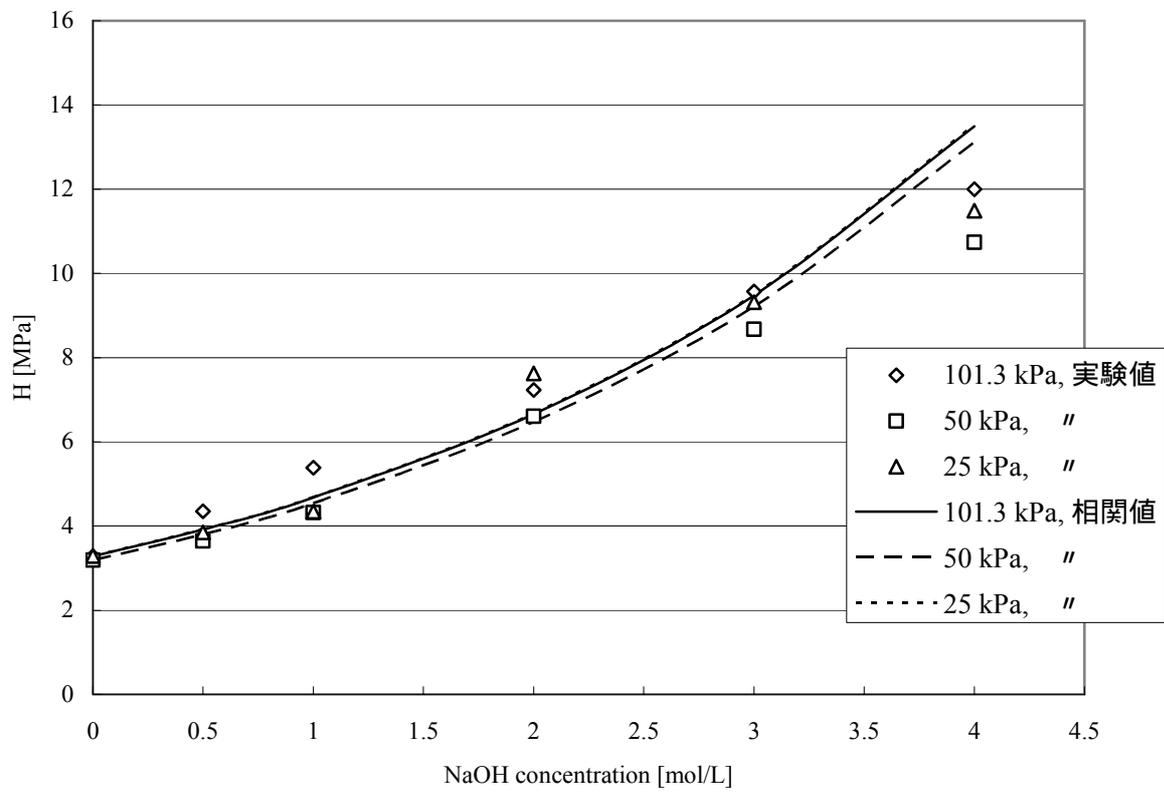


Fig. 8.14 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数相関

40 における HFC152a の Henry 定数相関

40

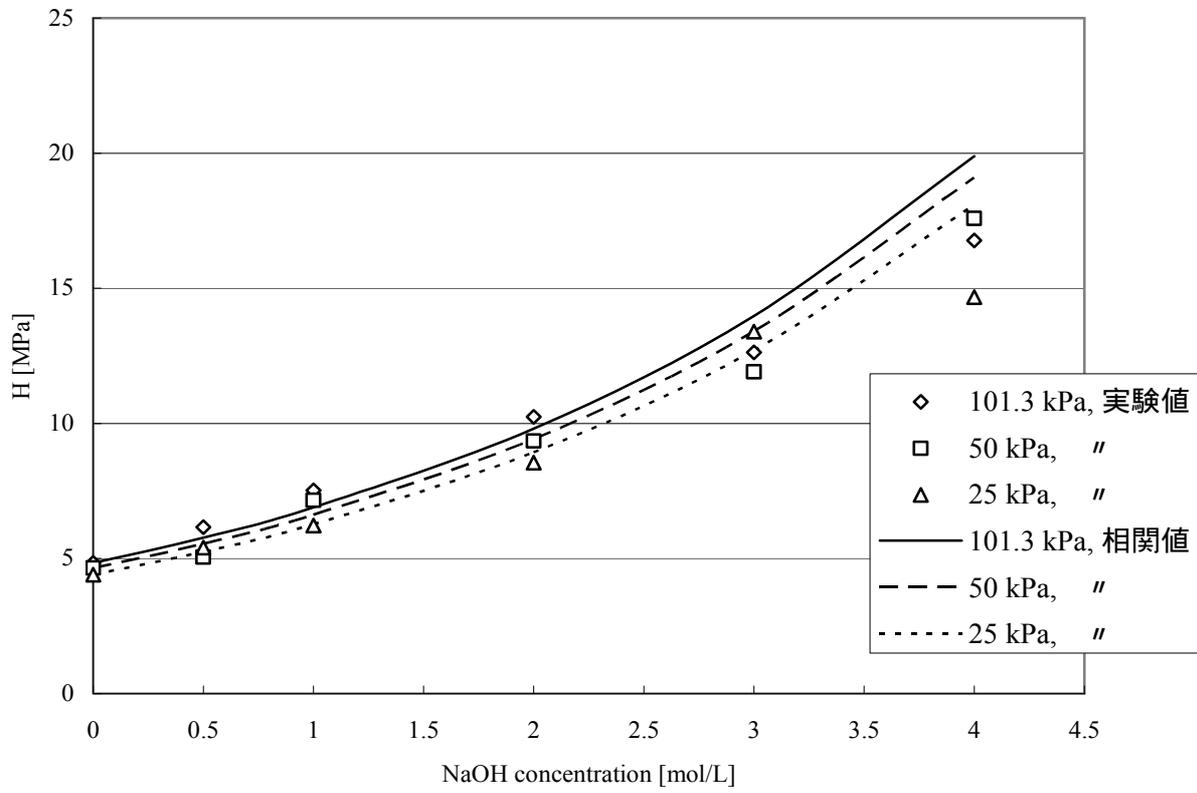


Fig. 8.15 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数相関

## 8.4 HFC32 の Henry 定数相関

### 0 における HFC32 の Henry 定数相関

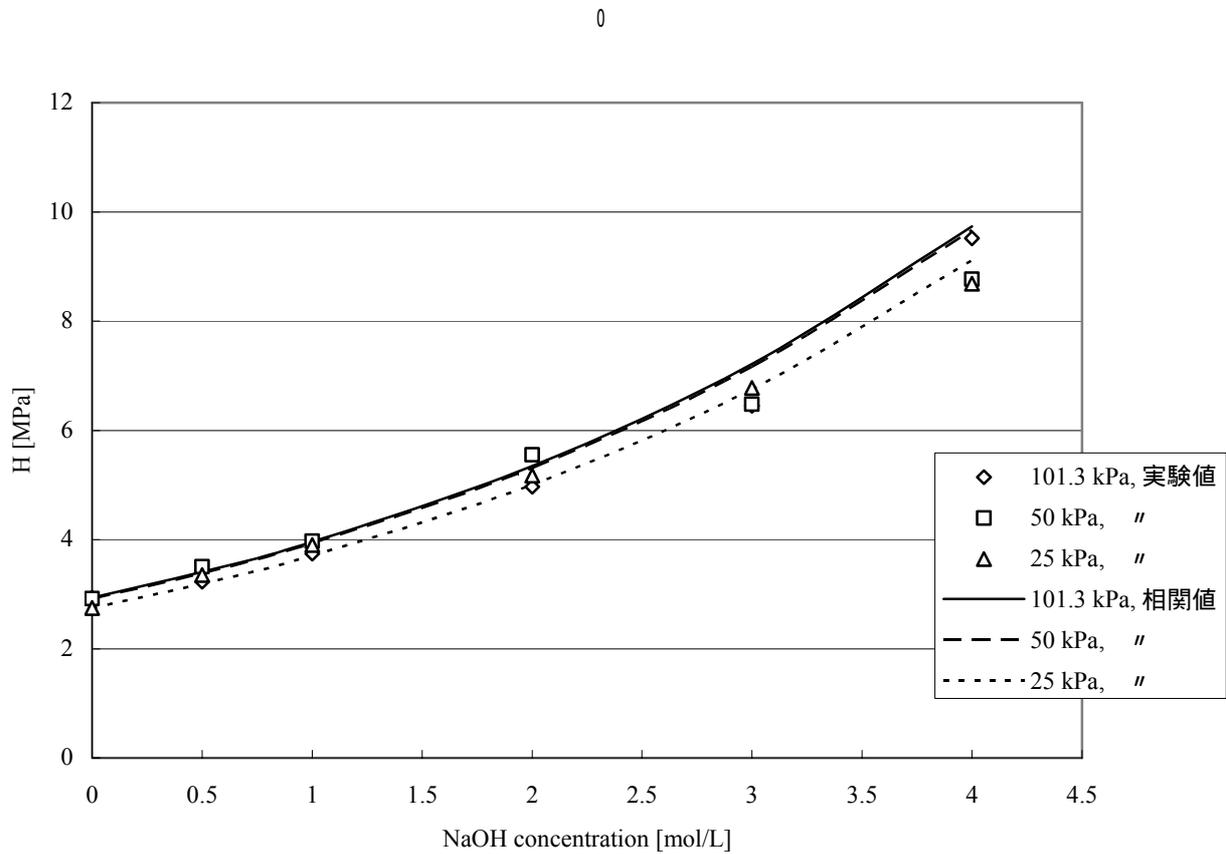


Fig. 8.16 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数相関

# 10 における HFC32 の Henry 定数相関

10

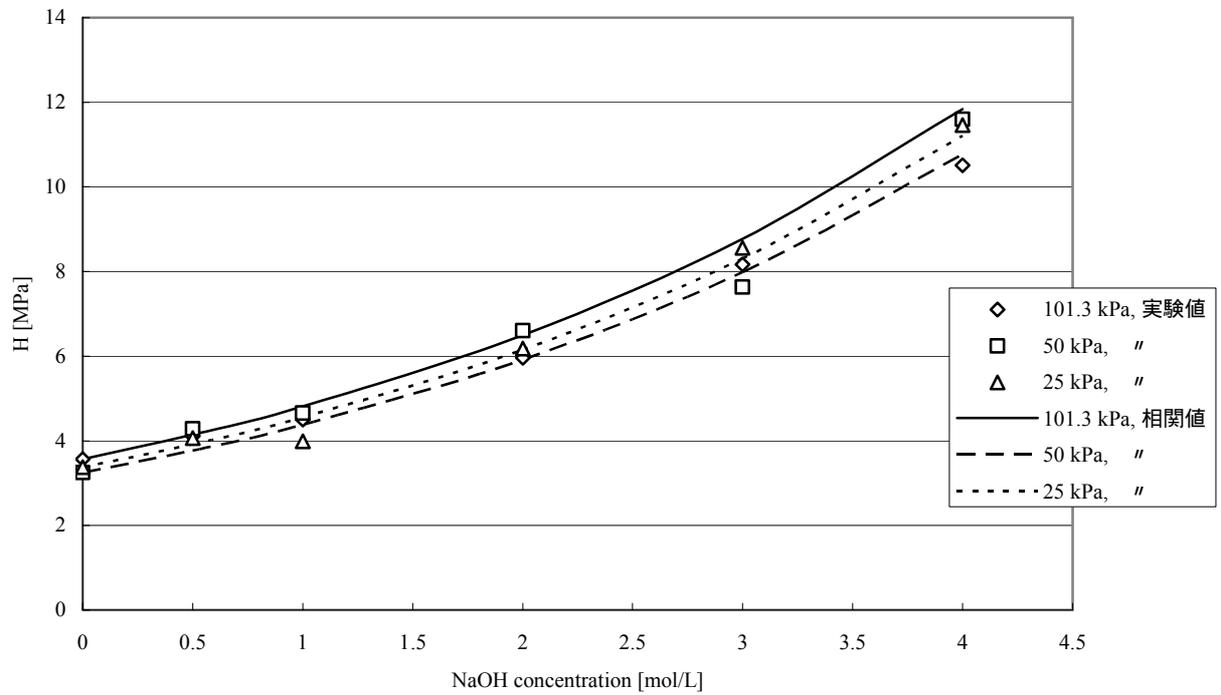


Fig. 8.17 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数相関

## 20 における HFC32 の Henry 定数相関

20

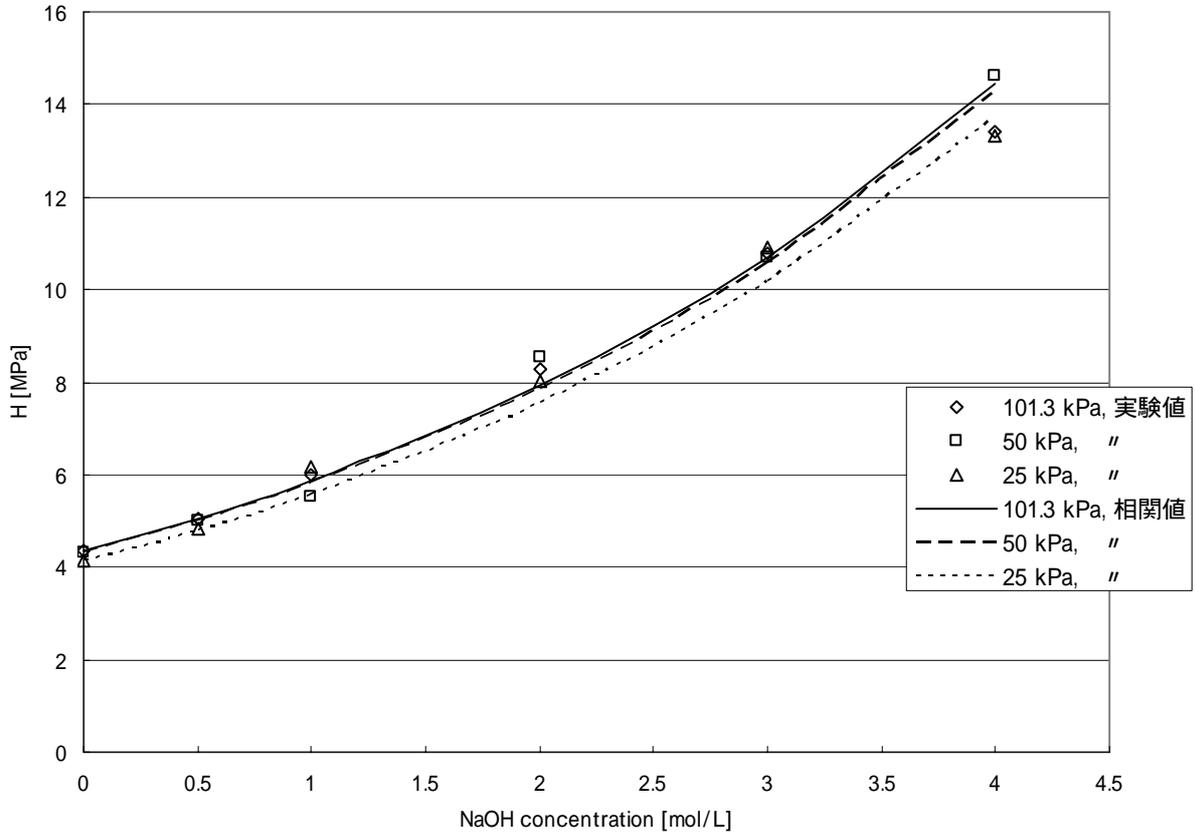


Fig. 8.18 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数相関

# 30 における HFC32 の Henry 定数相関

30

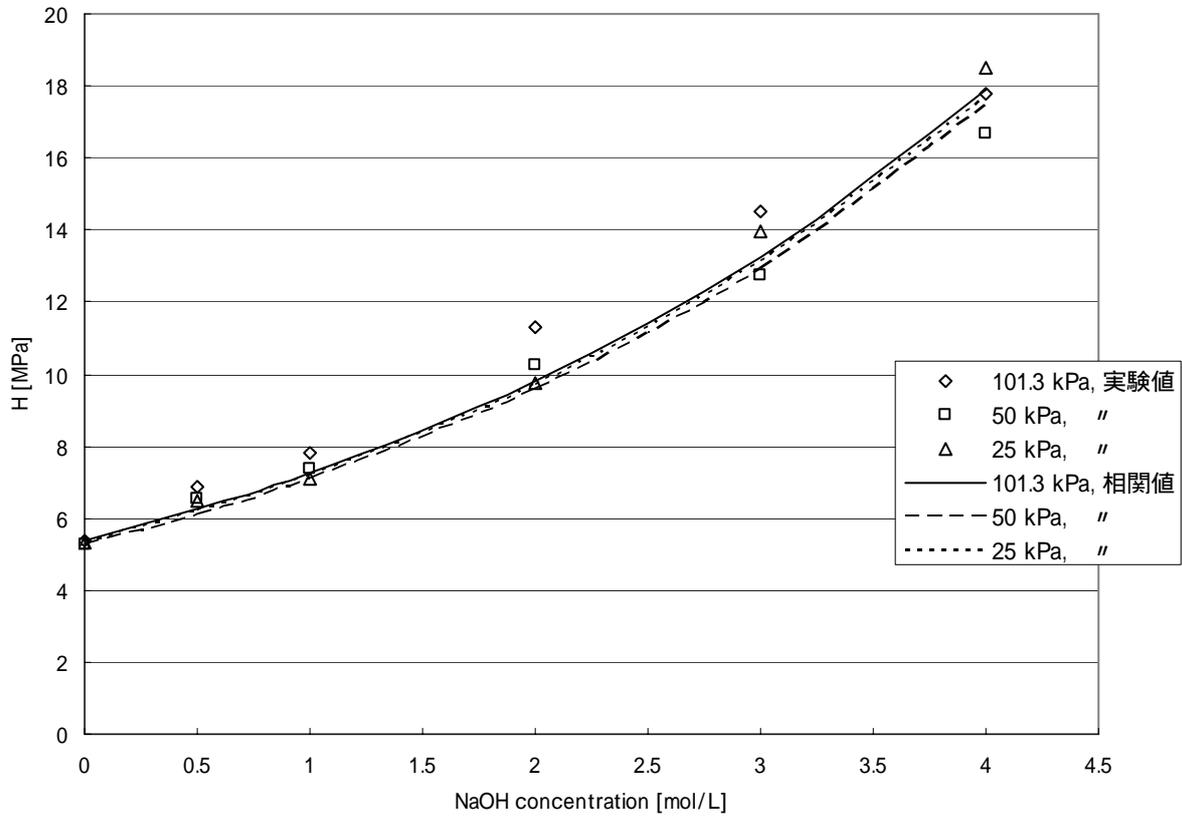


Fig. 8.19 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数相関

40 における HFC32 の Henry 定数相関

40

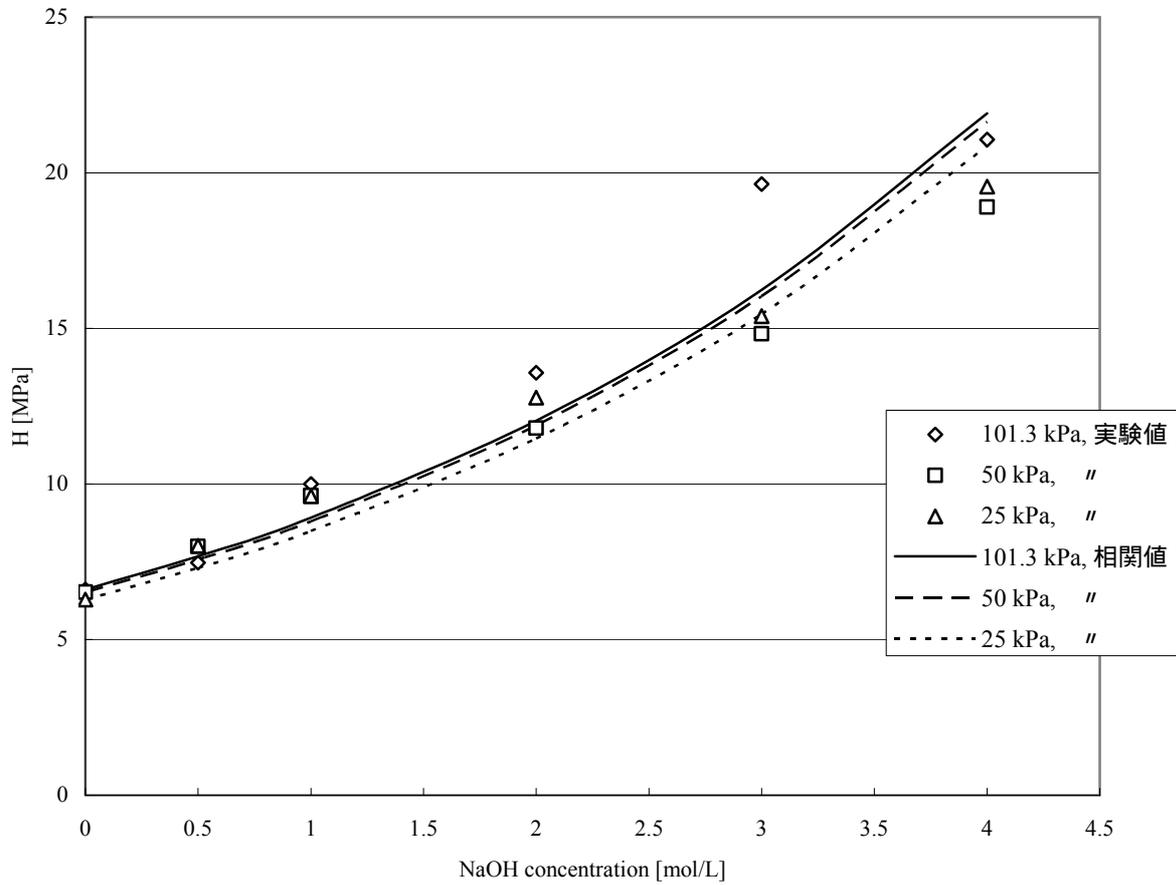


Fig. 8.20 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数相関

## 8.5 HFC134a の Henry 定数相関

### 0 における HFC134a の Henry 定数相関

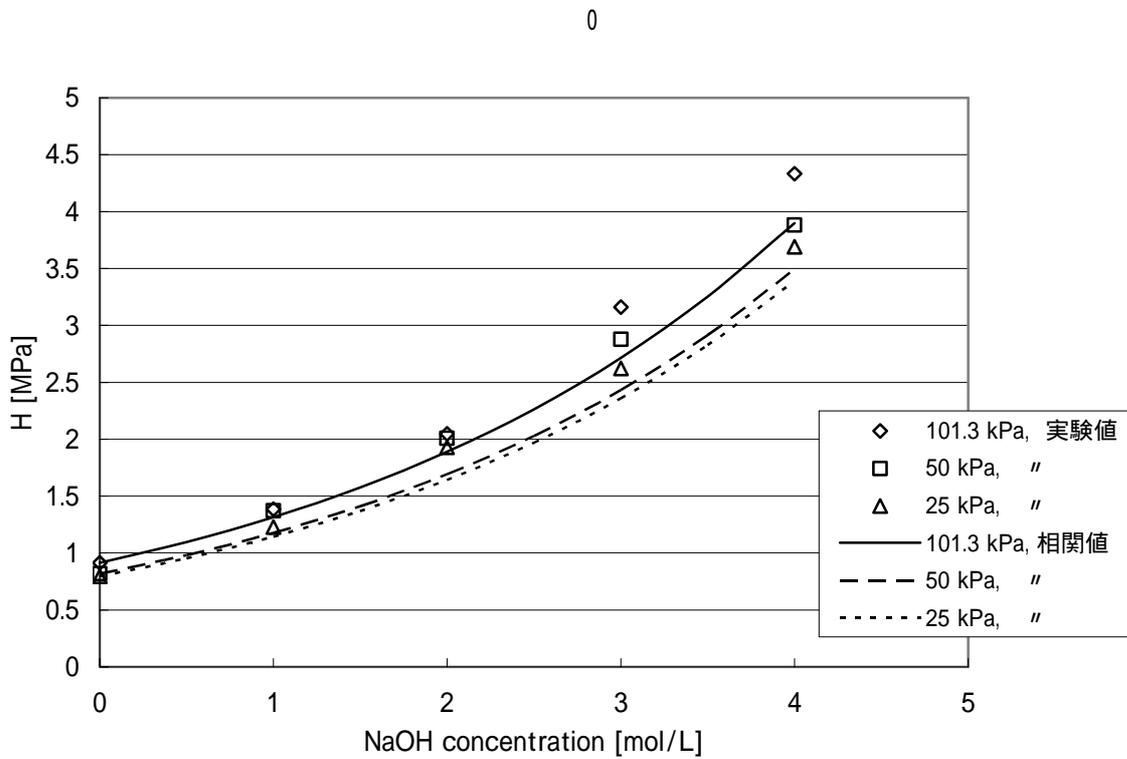


Fig. 8.21 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a の Henry 定数相関

10 における HFC134a の Henry 定数相関

10

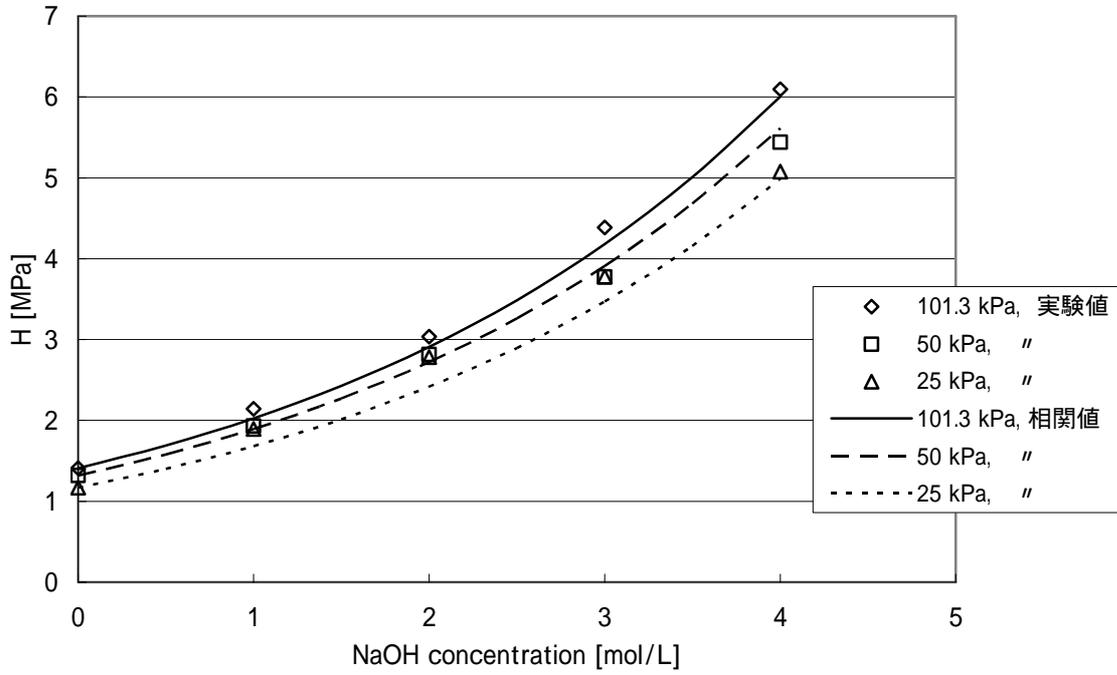


Fig. 8.22 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a の Henry 定数相関

20 における HFC134a の Henry 定数相関

20

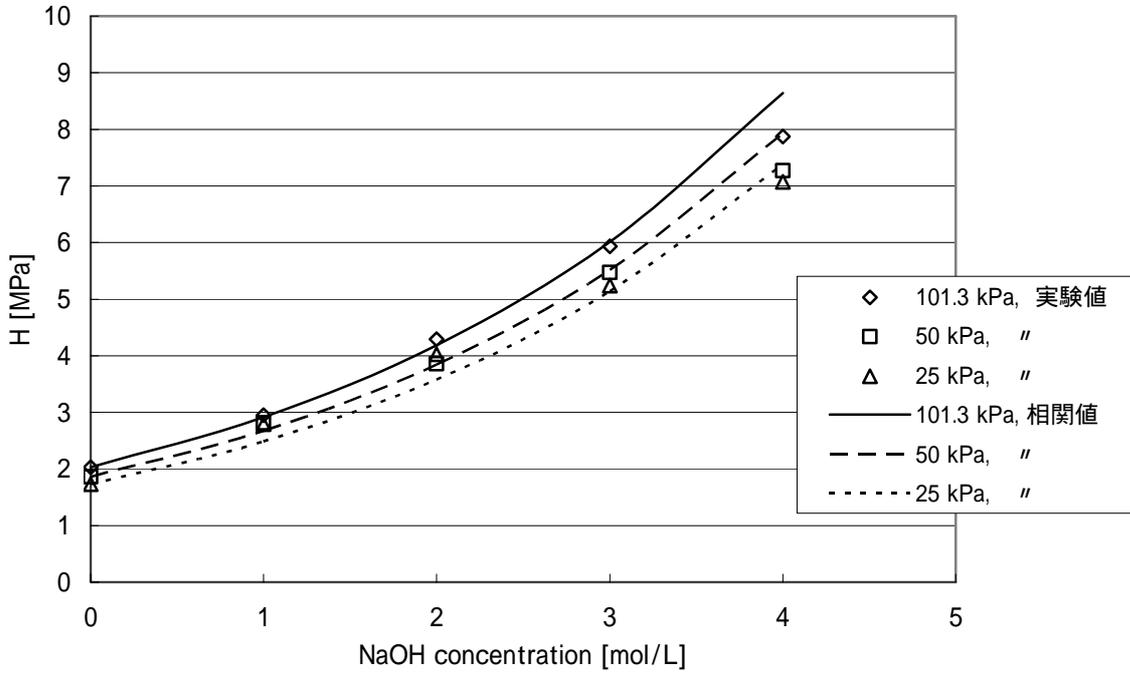


Fig. 8.23 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a の Henry 定数相関

### 30 における HFC134a の Henry 定数相関

30

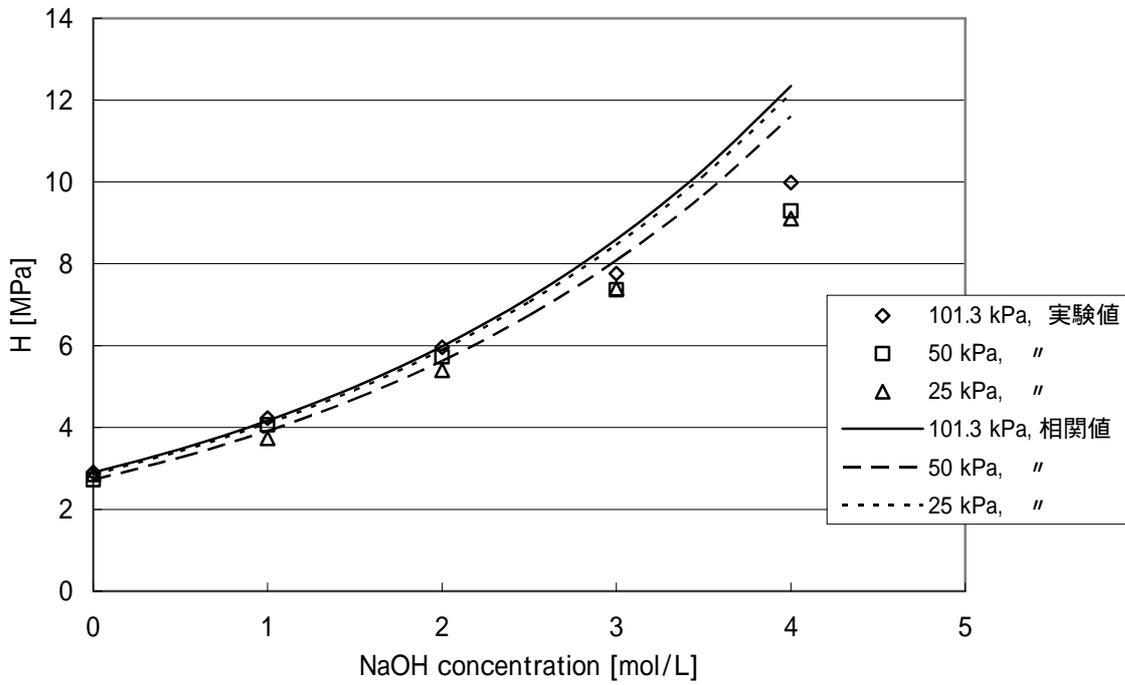


Fig. 8.24 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a の Henry 定数相関

## 8.6 HCFC22 の Henry 定数相関

### 5 における HCFC22 の Henry 定数相関

5

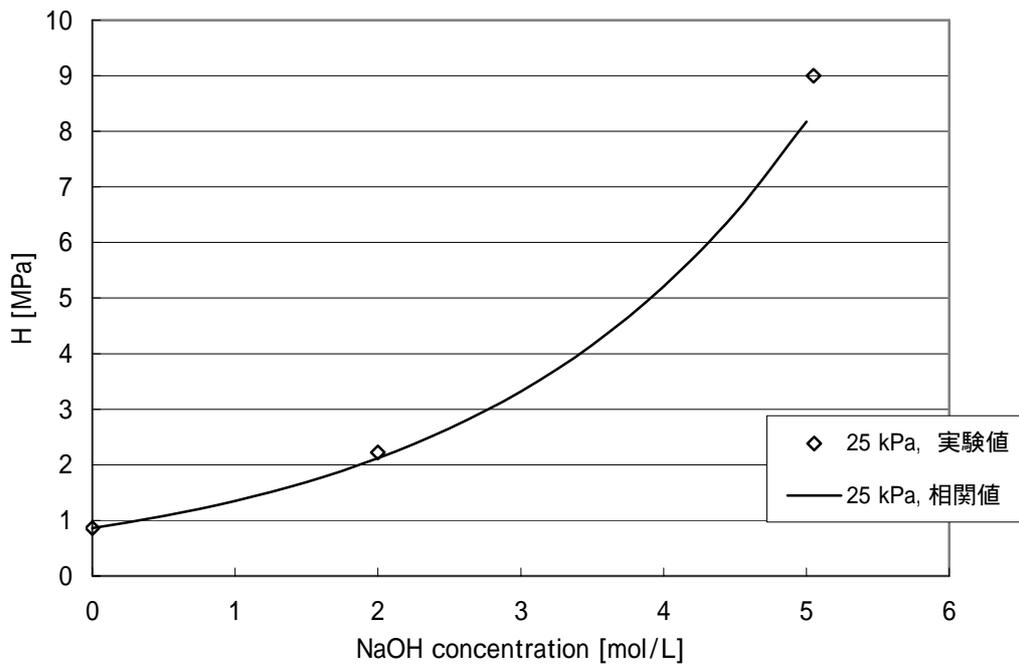


Fig. 8.25 5 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 の Henry 定数相関

# 10 における HCFC22 の Henry 定数相関

10

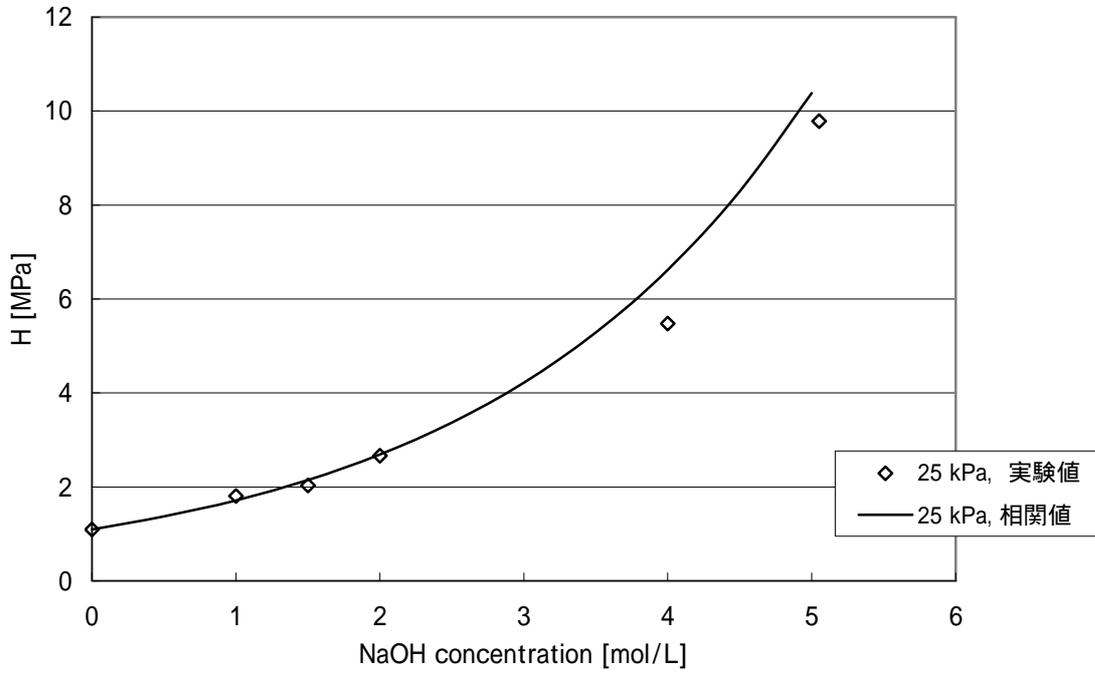


Fig. 8.26 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 の Henry 定数相関

## 20 における HCFC22 の Henry 定数相関

20

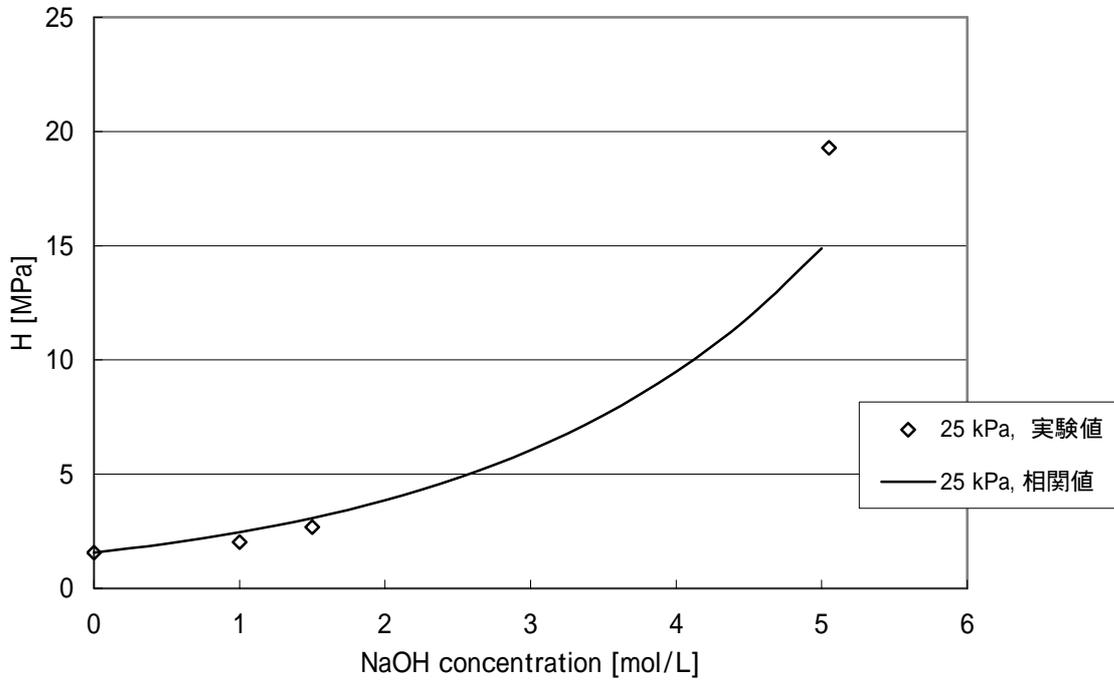


Fig. 8.27 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 の Henry 定数相関

## 8.7 相関値と実験値の相対誤差

8.1 ~ 8.4 は、温度を 0, 10, 20, 30, 40 、各フロンの分圧を 101.3, 50, 25 kPa としての、実験値と相関値のデータであった。8.5 ~ 8.5 は当研究室で過去に行われた実験データであり、森田氏著の2004年度卒業論文から引用している。8.6.1 ~ 8.6.3 は同じく引用であり、こちらは天野氏著の2002年度卒業論文からのものである。

本節では、各フロンの実験値と相関値の平均相対誤差率を載せる。

CFC12 の平均相対誤差率 : 8.2 %  
HFC125 の平均相対誤差率 : 5.8 %  
HFC152a の平均相対誤差率 : 7.1 %  
HFC32 の平均相対誤差率 : 4.9 %  
HFC134a の平均相対誤差率 : 6.6 %  
HCFC22 の平均相対誤差率 : 2.1 %

## 第9章 フロン固有の定数 $h$ の推算

本章では、第9章で得られたフロン固有の定数  $h$  を用いて、グループ寄与法により、分子内の結合に対する寄与分を算出した。以下に各結合に対する寄与分を示す。

Table. 9.1 結合への寄与分と  $h$  の推算値

寄与分	0.0580	0.0754	0.0745	-0.0953	$h$ (実験値)	$h$ (推算値)
結合	C-Cl	C-F	C-H	C-C		
CFC12	2	2	0	0	0.267	0.267
HFC125	0	5	1	1	0.356	0.356
HFC152a	0	2	4	1	0.353	0.354
HFC32	0	2	2	0	0.300	0.300
HCFC22	1	2	1	0	0.450	0.283
HFC134a	0	4	2	1	0.362	0.355

Table. 9.1 を見ると、HCFC22 の推算値が実験値と大きく違っていることがわかる。これは、HCFC22 の溶解度を測る際、反応が起こっているため、真の溶解度を測定することができなかつたからだと推測できる。さらに、HCFC22 は実験データが他のフロンと比べ極端に少なかったため、実験データ自体に信頼性がないからではないだろうか。

他のフロン類に関しては、実験値と推算値にほぼ誤差がなく、非常に良く再現できている。

## 第 10 章 結言

本研究をとおし、得られた知見を以下に述べる。

フロン-メタノール系の Henry 定数を(7.3)式のように、フロン固有の値  $h$  と NaOH 濃度  $z$  を用いて変形すると、メタノール-NaOH 溶液中のフロンの Henry 定数が予測できる。

$$H = H^0 e^{hz} \quad (7.3)$$

0 ~ 40 の範囲において、フロン-メタノール-NaOH 系のフロン固有の定数  $h$  は、

$h_{\text{CFC12}} = 0.267$ ,  $h_{\text{HFC125}} = 0.356$ ,  $h_{\text{HFC152a}} = 0.353$ ,  $h_{\text{HFC32}} = 0.300$  であった。

なお、当研究室の過去の実験データから、HFC134a, HCFC22 の場合を計算すると、

$h_{\text{HFC134a}} = 0.362$ ,  $h_{\text{HCFC22}} = 0.450$  であった。

第7章で得られた  $h$  をもとに、グループ寄与法により各結合への寄与分を計算すると、

C-Cl 結合 : 0.0580, C-F 結合 : 0.0754, C-H 結合 : 0.0745, C-C 結合 : -0.0953

となった。これらの寄与分から  $h$  を推算すると HCFC22 以外は良好に推算できた。

## 第 1 1 章 今後の展望

本研究をとおして挙げられる課題を以下に述べる。

本研究では CFC12, HFC125, HFC152a, HFC32 について、メタノール-NaOH 溶液への溶解度、Henry 定数、そして分子内の結合への寄与分を得ることに成功した。しかしながら、長期目標としては、フロンだけではなく、「他の気体が塩を溶かした溶液に溶解する挙動は、その分子構造によるものだ」というモデルがほしい。そのため、さまざまな試料ガス、塩、そして溶媒を用いて、実験する必要がある。

本研究では、フロン-メタノール系のHenry定数  $H^0$  を、フロン固有の定数 ( $h$ ) とNaOH濃度 ( $z$ ) を用いて変形し、フロン-メタノール-NaOH系のHenry定数  $H$  を得た。ここで得た  $H$  をHenryの式に用いることにより、フロンの溶解度が予測できる。しかしながら、このモデルはNaOHによる塩効果に視点を置いていないので、塩効果（特に溶液中の各成分の状態）に焦点を当てたモデル作成（大江先生のように）に挑戦してほしい。（私はできなかったが）

## 謝辞

本研究を行うにあたり、終始ご指導下さいました、西海英雄教授に敬意を表すとともに心から感謝いたします。

また、様々な点でご指導いただいた、更科英二氏に深く感謝いたします。

最後になりますが、その他、研究室を盛り上げていただいた西海研究室学生一同には、深く感謝いたします。

皆様、ありがとうございました。 さようなら。

## 記号

$P$  : 全圧 [MPa]

$p_i$  : 成分  $i$  の分圧 [MPa]

$y_i$  : 成分  $i$  の気相のモル分率 [-]

$x_i$  : 成分  $i$  の液相のモル分率 [-]

$H_{ij}$  : Henry 定数 [MPa]

$T$  : 温度 [K]

$a, b, c$  : Valentiner 定数 [-]

$C_i$  : メタノール-NaOH溶液中のフロン濃度 [mol/L]

$C_i^0$  : メタノール溶液中のフロン濃度 [mol/L]

$h$  : フロン固有の定数 [L/mol]

$z$  : NaOH 濃度 [mol/L]

$H$  : メタノール-NaOH 溶液中でのフロンの Henry 定数 [MPa]

$H^0$  : フロン-メタノール系のHenry定数 [MPa]

## 参考文献

- 1) 平嶋隆伯, “CFC12 のメタノール - NaOH 溶液中での光分解速度解析”, 法政大学卒業論文 (2003)
- 2) 三枝悠, “CFC12 - メタノール系気液平衡への NaOH の影響”, 法政大学卒業論文 (2003)
- 3) 森田修, “HFC134a のメタノールへの溶解度に及ぼす NaOH の影響”, 法政大学卒業論文 (2004)
- 4) Hideo Nishiumi and Yu Saigusa, “Effect of NaOH Concentration on Fluorocarbon Solubility in Methanol”, 第7回日韓合同分離技術国際会議 (2005)
- 5) 西海英雄、平嶋隆伯、三枝悠, “NaOH がメタノールへのフロン溶解度に及ぼす影響”, 分離技術会 (2005)
- 6) R.Kato and H.Nishiumi, Henry's law constant measurements of  $\text{CHClF}_2$ ,  $\text{CH}_2\text{F}_2$ ,  $\text{C}_2\text{HF}_5$ ,  $\text{CH}_2\text{FCF}_3$ , and  $\text{CH}_3\text{CHF}_2$  in ethanol and methanol with headspace gas chromatography, *J.Chem.Eng.Data*, 47,1140-1144 (2002)
- 7) Hideo Nishiumi, and Takahiro Hirashima, “Reaction Rate of CFC12 Photo-Dechlorination to Fluoroether under UV Irradiation”, APCChE congress (2004)
- 8) Hideo Nishiumi, Yuu Saigusa and Fumitaka Amano, “EFFECTS OF NAOH ON SOLUBILITY OF CFC12 AND HCFC22 IN METHANOL”, APCChE congress (2004)
- 9) Shuzo Ohe, “Prediction of salt effect on vapor-liquid equilibria”, *Fluid Phase Equilibria* 144 1998 119-129

## APPENDIX

**Fig. 4.2 N<sub>2</sub>の流量校正**

メモリ (玉下)	量[ml]
1	151
2	452
3	753
4	1058
5	1362

**Fig. 4.3 CFC12の流量校正**

メモリ (玉下)	量[ml]
1	122
2	278
3	439
4	599
5	758

**Fig. 4.4 HFC125の流量校正**

メモリ (玉下)	量[ml]
1	130
2	283.5
3	443.5
4	609
5	770

**Fig. 4.5 HFC152aの流量校正**

メモリ (玉下)	量[mL]
1	114.5
1.5	211.5
2	295
2.5	397
3	482
4	680

**Fig. 4.6 HFC32 の流量校正**

メモリ (玉下)	量[mL]
1	72
1.5	143
2	234
2.5	330
3	435
3.5	550
4	660
4.5	790
5	922

**Fig. 4.7 CFC12 の検量線**

注入した CFC12 のモル数[mol]	Area[-]
0	0
2.107E-06	403418
3.001E-06	575144
4.675E-06	943151
8.946E-07	185532
5.483E-06	1136886
5.483E-07	112200
1.558E-06	313697

**Fig. 4.8 HFC125 の検量線**

注入した HFC125 のモル数[mol]	Area[-]
0	0
8.241E-07	165894
2.129E-06	414397
3.159E-06	655539
5.700E-06	1106549
6.799E-06	1336949
3.915E-06	788707

**Fig. 4.9 HFC152a の検量線**

注入した 152a のモル数[mol]	Area[-]
0	0
7.394E-06	1519112
8.331E-07	179904
1.562E-06	327371
3.645E-06	765578
5.207E-06	1066941
2.603E-06	541742

**Fig. 4.10 HFC32 の検量線**

注入した HFC32 のモル数[mol]	Area[-]
0	0
5.334E-07	79452
1.185E-06	147141
2.015E-06	265330
2.371E-06	323865
2.963E-06	418518
3.971E-06	564191
4.563E-06	628274
8.356E-06	1151923
7.171E-06	966248

**Fig. 6.1 0 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 濃度**

NaOH [mol/L]	CFC12 濃度 [mol/L]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.319	0.596	1.04
0.5	0.264	0.519	0.818
1	0.221	0.389	0.738
2	0.169	0.358	0.547
3	0.129	0.254	0.443
4	0.113	0.157	0.391

**Fig. 6.2 0** におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 の Henry 定数

CFC12 の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	1.95	2.11	2.49
0.5	2.36	2.42	3.15
1	2.81	3.21	3.48
2	3.66	3.48	4.65
3	4.79	4.89	5.73
4	5.65	7.89	6.47

**Fig. 6.3 10** におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 濃度

CFC12 濃度 [mol/L]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.204	0.387	0.748
0.5	0.178	0.326	0.634
1	0.150	0.303	0.561
2	0.126	0.208	0.405
3	0.0828	0.173	0.351
4	0.0852	0.150	0.315

**Fig. 6.4 10** におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 の Henry 定数

CFC12 の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	3.05	3.23	3.43
0.5	3.47	3.83	4.03
1	4.11	4.10	4.54
2	4.89	5.96	6.26
3	7.45	7.14	7.20
4	7.24	8.23	8.02

**Fig. 6.5 20** におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 濃度

CFC12 濃度 [mol/L]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.147	0.299	0.583
0.5	0.128	0.244	0.517
1	0.115	0.221	0.433
2	0.0936	0.161	0.307
3	0.0714	0.146	0.271
4	0.0642	0.139	0.241

**Fig. 6.6 20** におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 の Henry 定数

CFC12 の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	4.22	4.17	4.38
0.5	4.83	5.08	4.92
1	5.35	5.61	5.85
2	6.59	7.67	8.21
3	8.64	8.48	9.29
4	9.60	8.88	10.5

**Fig. 6.7 30** におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 濃度

CFC12 濃度 [mol/L]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.126	0.232	0.454
0.5	0.0996	0.190	0.344
1	0.0818	0.156	0.295
2	0.0654	0.116	0.231
3	0.0538	0.0975	0.189
4	0.0502	0.0905	0.171

**Fig. 6.8 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 の Henry 定数**

CFC12 の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	4.92	5.35	5.59
0.5	6.20	6.52	7.34
1	7.54	7.92	8.55
2	9.42	10.6	10.9
3	11.5	12.7	13.3
4	12.3	13.6	14.7

**Fig. 6.9 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 濃度**

HFC125 濃度 [mol/L]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.0899	0.177	0.361
0.5	0.0721	0.135	0.261
1	0.0637	0.108	0.213
2	0.0441	0.0834	0.161
3	0.0409	0.0677	0.130
4	0.0314	0.0588	0.118

**Fig. 6.10 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の CFC12 の Henry 定数**

HFC125 の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	6.86	6.98	6.99
0.5	8.55	9.14	9.63
1	9.68	11.5	11.8
2	14.0	14.8	15.5
3	15.1	18.2	19.2
4	19.6	20.9	21.2

**Fig. 6.11 0** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 濃度

NaOH [mol/L]	HFC125 濃度 [mol/L]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.259	0.570	1.07
0.5	0.244	0.520	0.861
1	0.179	0.415	0.581
2	0.149	0.296	0.630
3	0.102	0.197	0.431
4	0.0518	0.116	0.222

**Fig. 6.12 0** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数

NaOH [mol/L]	HFC125 の Henry 定数 [MPa]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	2.40	2.21	2.43
0.5	2.54	2.41	3.00
1	3.47	3.01	4.39
2	4.15	4.20	4.06
3	6.07	6.28	5.88
4	11.9	10.7	11.3

**Fig. 6.13 10** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 濃度

NaOH [mol/L]	HFC125 濃度 [mol/L]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.220	0.439	0.876
0.5	0.177	0.362	0.645
1	0.139	0.274	0.492
2	0.105	0.216	0.388
3	0.0850	0.164	0.291
4	0.0548	0.104	0.228

**Fig. 6.14 10** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数

HFC125 の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	2.82	2.85	2.95
0.5	3.50	3.45	3.96
1	4.44	4.54	5.16
2	5.90	5.75	6.51
3	7.26	7.55	8.66
4	11.3	11.9	11.0

**Fig. 6.15 20** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 濃度

HFC125 濃度 [mol/L]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.174	0.346	0.702
0.5	0.138	0.281	0.557
1	0.118	0.230	0.439
2	0.0849	0.164	0.302
3	0.0596	0.114	0.213
4	0.0520	0.0943	0.173

**Fig. 6.16 20** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数

HFC125 の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	3.55	3.61	3.65
0.5	4.48	4.42	4.57
1	5.22	5.39	5.77
2	7.26	7.54	8.34
3	10.3	10.8	11.8
4	11.8	13.1	14.5

**Fig. 6.17 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 濃度**

NaOH [mol/L]	HFC125 濃度 [mol/L]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.135	0.261	0.538
0.5	0.113	0.195	0.412
1	0.0832	0.139	0.383
2	0.0598	0.115	0.221
3	0.0449	0.0823	0.163
4	0.0336	0.0646	0.136

**Fig. 6.18 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数**

NaOH [mol/L]	HFC125 の Henry 定数 [MPa]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	4.59	4.76	4.73
0.5	5.45	6.35	6.14
1	7.41	8.89	6.61
2	10.3	10.8	11.4
3	13.7	15.0	15.4
4	18.3	19.1	18.4

**Fig. 6.19 40 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 濃度**

NaOH [mol/L]	HFC125 濃度 [mol/L]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.0990	0.205	0.398
0.5	0.0754	0.144	0.315
1	0.0599	0.130	0.253
2	0.0436	0.0983	0.182
3	0.0294	0.0716	0.132
4	0.0269	0.0530	0.109

**Fig. 6.20 40** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC125 の Henry 定数

HFC125 の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	6.23	6.05	6.36
0.5	8.18	8.58	8.02
1	10.3	9.54	9.96
2	14.1	12.6	13.8
3	20.9	17.2	19.0
4	22.9	23.2	22.9

**Fig. 6.21 0** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a 濃度

HFC152a 濃度 [mol/L]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.560	1.13	2.17
0.5	0.437	0.886	1.65
1	0.378	0.817	1.40
2	0.276	0.514	0.917
3	0.237	0.378	0.641
4	0.118	0.259	0.533

**Fig. 6.22 0** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数

HFC152a の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	1.12	1.14	1.25
0.5	1.43	1.44	1.61
1	1.65	1.56	1.88
2	2.25	2.44	2.82
3	2.62	3.30	3.99
4	5.25	4.80	4.77

**Fig. 6.23 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a 濃度**

HFC152a 濃度 [mol/L]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.398	0.863	1.66
0.5	0.297	0.679	1.12
1	0.218	0.550	0.930
2	0.180	0.362	0.659
3	0.123	0.274	0.477
4	0.0923	0.218	0.409

**Fig. 6.24 10 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数**

HFC152a の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	1.57	1.47	1.60
0.5	2.10	1.86	2.33
1	2.84	2.28	2.78
2	3.45	3.45	3.88
3	5.03	4.54	5.32
4	6.69	5.70	6.19

**Fig. 6.25 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a 濃度**

HFC152a 濃度 [mol/L]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.297	0.592	1.18
0.5	0.235	0.503	0.867
1	0.192	0.357	0.718
2	0.136	0.246	0.493
3	0.106	0.187	0.356
4	0.0781	0.139	0.283

Fig. 6.26 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数

HFC152a の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	2.10	2.13	2.21
0.5	2.65	2.50	2.97
1	3.23	3.50	3.57
2	4.56	5.05	5.16
3	5.85	6.61	7.10
4	7.90	8.87	8.92

Fig. 6.27 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a 濃度

HFC152a 濃度 [mol/L]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.188	0.392	0.783
0.5	0.161	0.342	0.586
1	0.142	0.288	0.472
2	0.0809	0.188	0.350
3	0.0662	0.143	0.263
4	0.0536	0.115	0.209

Fig. 6.28 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数

HFC152a の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	3.29	3.19	3.28
0.5	3.84	3.65	4.35
1	4.34	4.32	5.39
2	7.63	6.60	7.23
3	9.31	8.68	9.57
4	11.5	10.7	12.0

**Fig. 6.29 40** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a 濃度

NaOH [mol/L]	HFC152a 濃度 [mol/L]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.141	0.268	0.526
0.5	0.114	0.246	0.411
1	0.0992	0.173	0.336
2	0.0721	0.132	0.246
3	0.0460	0.104	0.199
4	0.0420	0.0701	0.149

**Fig. 6.30 40** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC152a の Henry 定数

NaOH [mol/L]	HFC152a の Henry 定数 [MPa]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	4.40	4.65	4.84
0.5	5.41	5.06	6.17
1	6.22	7.15	7.52
2	8.55	9.35	10.2
3	13.4	11.9	12.6
4	14.7	17.6	16.8

**Fig. 6.31 0** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 濃度

NaOH [mol/L]	HFC32 濃度 [mol/L]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.226	0.429	0.879
0.5	0.185	0.356	0.798
1	0.159	0.314	0.685
2	0.119	0.223	0.512
3	0.0911	0.191	0.393
4	0.0710	0.141	0.265

**Fig. 6.32 0** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数

HFC32 の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	2.75	2.91	2.94
0.5	3.35	3.50	3.23
1	3.90	3.97	3.74
2	5.17	5.55	4.97
3	6.77	6.47	6.45
4	8.69	8.77	9.52

**Fig. 6.33 10** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 濃度

HFC32 濃度 [mol/L]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.183	0.385	0.719
0.5	0.152	0.291	0.622
1	0.155	0.267	0.566
2	0.0999	0.188	0.425
3	0.0720	0.162	0.309
4	0.0538	0.106	0.239

**Fig. 6.34 10** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数

HFC32 の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	3.38	3.25	3.57
0.5	4.06	4.29	4.11
1	3.99	4.66	4.51
2	6.18	6.60	5.96
3	8.56	7.64	8.17
4	11.5	11.6	10.5

**Fig. 6.35 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 濃度**

NaOH [mol/L]	HFC32 濃度 [mol/L]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.150	0.289	0.586
0.5	0.128	0.248	0.505
1	0.100	0.225	0.424
2	0.0770	0.145	0.305
3	0.0565	0.115	0.233
4	0.0463	0.0845	0.187

**Fig. 6.36 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数**

NaOH [mol/L]	HFC32 の Henry 定数 [MPa]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	4.14	4.30	4.35
0.5	4.82	5.00	5.04
1	6.16	5.51	5.98
2	8.01	8.56	8.26
3	10.9	10.7	10.8
4	13.3	14.6	13.4

**Fig. 6.37 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 濃度**

NaOH [mol/L]	HFC32 濃度 [mol/L]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.116	0.236	0.471
0.5	0.0954	0.189	0.367
1	0.0871	0.169	0.324
2	0.0632	0.121	0.223
3	0.0442	0.0968	0.173
4	0.0333	0.0740	0.141

**Fig. 6.38 30** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数

HFC32 の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	5.34	5.26	5.39
0.5	6.47	6.56	6.89
1	7.08	7.34	7.80
2	9.75	10.2	11.3
3	13.9	12.8	14.5
4	18.5	16.7	17.8

**Fig. 6.39 40** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 濃度

HFC32 濃度 [mol/L]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.0981	0.190	0.383
0.5	0.0770	0.155	0.338
1	0.0642	0.128	0.252
2	0.0482	0.105	0.185
3	0.0400	0.0832	0.128
4	0.0315	0.0652	0.119

**Fig. 6.40 40** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC32 の Henry 定数

HFC32 の Henry 定数 [MPa]			
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	6.29	6.52	6.61
0.5	8.01	7.99	7.47
1	9.60	9.63	10.0
2	12.8	11.8	13.6
3	15.4	14.8	19.6
4	19.6	18.9	21.1

**Fig. 6.41 0** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a 濃度

NaOH [mol/L]	HCFC22 濃度 [mol/L]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.766	1.49	2.70
1	0.496	0.889	1.78
2	0.316	0.607	1.21
3	0.232	0.424	0.782
4	0.165	0.314	0.570

**Fig. 6.42 0** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a の Henry 定数

NaOH [mol/L]	HCFC22 の Henry 定数 [MPa]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.796	0.820	0.915
1	1.23	1.37	1.39
2	1.93	2.01	2.05
3	2.62	2.88	3.16
4	3.69	3.88	4.33

**Fig. 6.43 10** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a 濃度

NaOH [mol/L]	HCFC22 濃度 [mol/L]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.521	0.925	1.75
1	0.322	0.632	1.15
2	0.219	0.433	0.813
3	0.161	0.323	0.563
4	0.120	0.224	0.405

**Fig. 6.44 10** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a の Henry 定数

NaOH [mol/L]	HCFC22 の Henry 定数 [MPa]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	1.17	1.32	1.41
1	1.89	1.93	2.14
2	2.78	2.82	3.04
3	3.78	3.77	4.39
4	5.08	5.44	6.10

**Fig. 6.45 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a 濃度**

NaOH [mol/L]	HCFC22 濃度 [mol/L]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.352	0.655	1.22
1	0.218	0.433	0.837
2	0.151	0.316	0.575
3	0.116	0.223	0.416
4	0.0861	0.169	0.314

**Fig. 6.46 20 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a の Henry 定数**

NaOH [mol/L]	HCFC22 の Henry 定数 [MPa]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	1.73	1.86	2.03
1	2.79	2.82	2.95
2	4.02	3.86	4.29
3	5.24	5.47	5.93
4	7.07	7.27	7.87

**Fig. 6.47 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a 濃度**

NaOH [mol/L]	HCFC22 濃度 [mol/L]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	0.213	0.447	0.852
1	0.163	0.300	0.584
2	0.113	0.213	0.414
3	0.0824	0.166	0.318
4	0.0670	0.131	0.247

**Fig. 6.48 30 におけるメタノール- NaOH 溶液中の HFC134a の Henry 定数**

NaOH [mol/L]	HCFC22 の Henry 定数 [MPa]		
	分圧 25 kPa	分圧 50 kPa	分圧 101.3 kPa
0	2.86	2.72	2.90
1	3.74	4.06	4.23
2	5.40	5.72	5.96
3	7.39	7.36	7.76
4	9.10	9.29	9.98

**Fig. 6.49 5** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 濃度

HCFC22 濃度 [mol/L]	
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa
0	0.736
2	0.280
5.05	0.0685

**Fig. 6.50 5** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 の Henry 定数

HCFC22 の Henry 定数 [MPa]	
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa
0	2.86
2	3.74
5.05	5.40

**Fig. 6.51 10** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 濃度

HCFC22 濃度 [mol/L]	
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa
0	0.576
1	0.345
1.5	0.307
2	0.233
4	0.113
5.05	0.0630

**Fig. 6.52 10** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 の Henry 定数

HCFC22 の Henry 定数 [MPa]	
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa
0	1.09
1	1.81
1.5	2.03
2	2.66
4	5.48
5.05	9.78

**Fig. 6.53 20** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 濃度

HCFC22 濃度 [mol/L]	
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa
0	0.399
1	0.308
1.5	0.231
5.05	0.0319

**Fig. 6.54 20** におけるメタノール- NaOH 溶液中の HCFC22 の Henry 定数

HCFC22 の Henry 定数 [MPa]	
NaOH [mol/L]	分圧 25 kPa
0	1.57
1	2.02
1.5	2.69
5.05	19.3

**Fig. 7.1 CFC12 のフロン固有の定数  $h$**

温度 [ ]	CFC12 分圧 [MPa]	$h$ [-]
0	0.025	0.2820
	0.05	0.2646
	0.1013	0.3068
10	0.025	0.2467
	0.05	0.2534
	0.1013	0.2373
20	0.025	0.2197
	0.05	0.2241
	0.1013	0.2429
30	0.025	0.2659
	0.05	0.2707
	0.1013	0.2765
40	0.025	0.2784
	0.05	0.3108
	0.1013	0.3219
平均		0.267

**Fig. 7.2 HFC125 のフロン固有の定数  $h$** 

温度 [ °C ]	HFC125 分圧 [MPa]	$h$ [-]
0	0.025	0.3529
	0.05	0.3667
	0.1013	0.3482
10	0.025	0.3447
	0.05	0.3502
	0.1013	0.3574
20	0.025	0.3289
	0.05	0.3445
	0.1013	0.3727
30	0.025	0.3633
	0.05	0.3767
	0.1013	0.3699
40	0.025	0.3673
	0.05	0.3508
	0.1013	0.3477
平均		0.356

**Fig. 7.3 HFC152a のフロン固有の定数  $h$** 

温度 [ °C ]	HFC152a 分圧 [MPa]	$h$ [-]
0	0.025	0.3642
	0.05	0.3615
	0.1013	0.3510
10	0.025	0.3807
	0.05	0.365
	0.1013	0.3837
20	0.025	0.3774
	0.05	0.3773
	0.1013	0.3462
30	0.025	0.3506
	0.05	0.3202
	0.1013	0.3358
40	0.025	0.3277
	0.05	0.3312
	0.1013	0.3286
平均		0.353

**Fig. 7.4 HFC32 のフロン固有の定数  $h$** 

温度 [ °C ]	HFC152a 分圧 [MPa]	$h$ [-]
0	0.025	0.2983
	0.05	0.2807
	0.1013	0.2779
10	0.025	0.3023
	0.05	0.3166
	0.1013	0.2689
20	0.025	0.3102
	0.05	0.3083
	0.1013	0.2942
30	0.025	0.3119
	0.05	0.2995
	0.1013	0.3212
40	0.025	0.3036
	0.05	0.2776
	0.1013	0.3247
平均		0.300

**Fig. 7.5 HFC134a のフロン固有の定数  $h$** 

温度 [ °C ]	HFC152a 分圧 [MPa]	$h$ [-]
0	0.025	0.3974
	0.05	0.4097
	0.1013	0.3986
10	0.025	0.3866
	0.05	0.3576
	0.1013	0.3738
20	0.025	0.3703
	0.05	0.3518
	0.1013	0.3506
30	0.025	0.3011
	0.05	0.3257
	0.1013	0.3241
平均		0.362

**Fig. 7.6 HCFC22 のフロン固有の定数  $h$**

温度 [ ]	HFC152a 分圧 [MPa]	$h$ [-]
5	0.025	0.4662
10	0.025	0.4251
20	0.025	0.4593
平均		0.450