

## 2-3.油層シミュレーション

水-油2相流

Water-Oil 2 Phase Flow

# CONTENTS

1

水-油 2相流

2

容積係数

3

沸点圧力

4

溶解ガス油比

5

計算手法

# CONTENTS

1	水-油 2相流
2	容積係数
3	沸点圧力
4	溶解ガス油比
5	計算手法

# 1. 水-油2相流

## ◆水の質量保存則

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho_w^{RC} \phi S_w = -\nabla \cdot \rho_w^{RC} u_w + \tilde{m}_w$$

## ◆ダルシーの法則（2相流）

$$u_w = -\frac{k k_{rw}}{\mu_w} (\nabla P_w - \gamma_w \nabla D)$$

# 1. 水-油2相流

## ◆油の質量保存則

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho_o^{RC} \phi S_o = -\nabla \cdot \rho_o^{RC} u_o + \tilde{m}_o$$

## ◆ダルシーの法則（2相流）

$$u_o = -\frac{k k_{ro}}{\mu_o} (\nabla P_o - \gamma_o \nabla D)$$

# 1. 水-油2相流

## 水相の質量保存 + ダルシー則

$$\frac{\phi}{B_w} \frac{\partial S_w}{\partial t} + \left[ \frac{\phi S_w}{B_w} c_w + \frac{\phi S_w}{B_w} c_r \right] \frac{\partial P}{\partial t} = \nabla \cdot \left[ \frac{k k_{rw}}{\mu_w B_w} \nabla P \right] + q_w$$

## 油相の質量保存 + ダルシー則

$$\frac{\phi}{B_o} \frac{\partial S_o}{\partial t} + \left[ \frac{\phi S_o}{B_o} c_o + \frac{\phi S_o}{B_o} c_r \right] \frac{\partial P}{\partial t} = \nabla \cdot \left[ \frac{k k_{ro}}{\mu_o B_o} \nabla P \right] + q_o$$

## 油層圧力

$$\frac{\phi c_t}{B_w} \frac{\partial P}{\partial t} = \frac{B_o}{B_w} \nabla \cdot \left[ \frac{k k_{ro}}{\mu_o B_o} \nabla P \right] + \nabla \cdot \left[ \frac{k k_{rw}}{\mu_w B_w} \nabla P \right] + \frac{B_o}{B_w} q_o + q_w$$

# CONTENTS

1

水-油 2相流

2

容積係数

3

溶解ガス油比

4

沸点圧力

5

計算手法

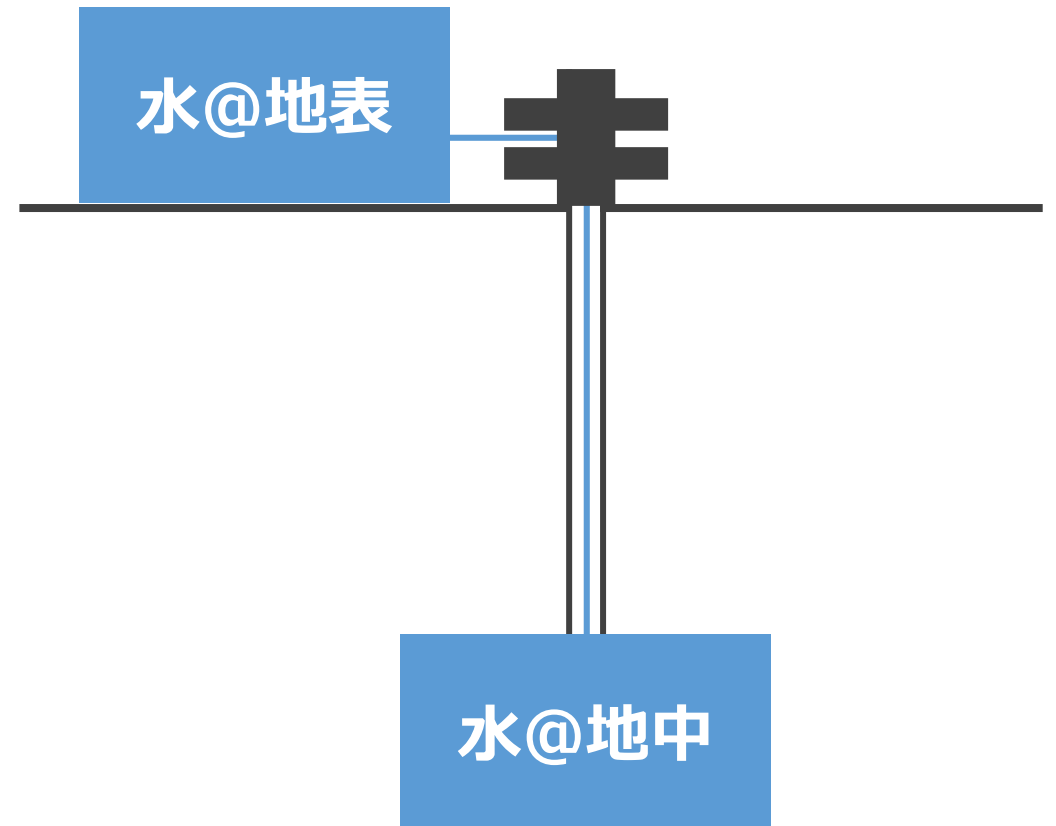
## 2. 容積係数 / Formation Volume Factor (水)

◆ 地表条件と貯留層条件における**流体の体積比**

$$B_{\alpha} = \frac{\text{Volume @ Reservoir}}{\text{Volume @ Surfaces}} = \frac{V_{\alpha}^{RC}}{V_{\alpha}^{SC}} = \frac{\rho_{\alpha}^{RC}}{\rho_{\alpha}^{SC}}$$

◆ 水の容積係数  $B_w \doteq 1$

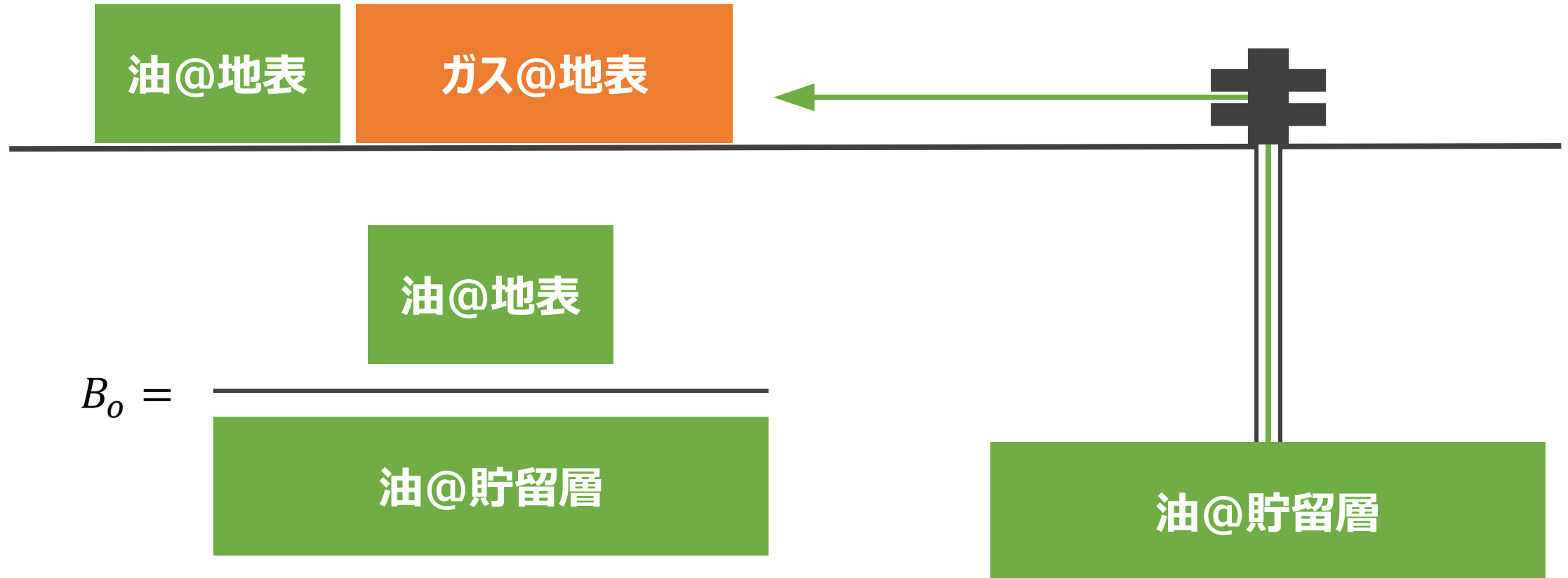
**油の容積係数  $B_o$  ?**





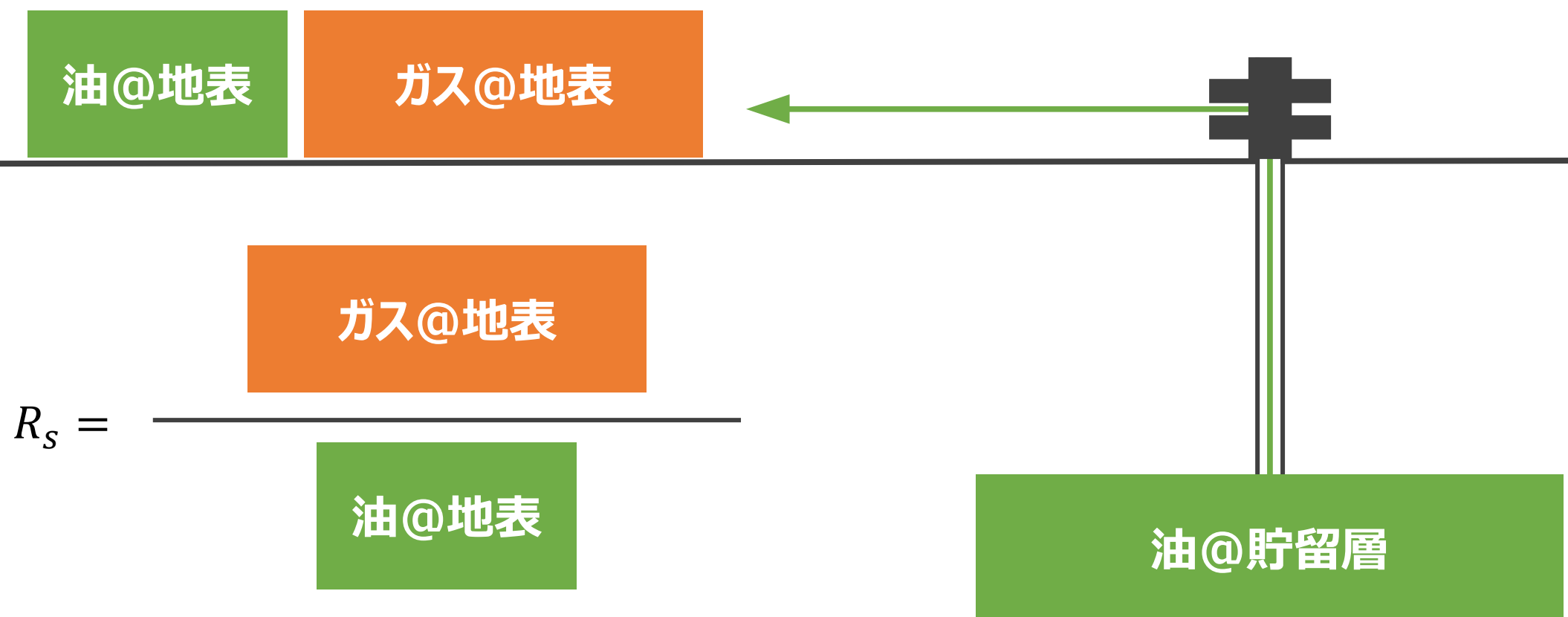
## 2. 容積係数 / Formation Volume Factor (油)

◆ 油の容積係数  $B_o > 1$  (大抵は  $1 < B_o < 2$ )



### 3. 溶解ガス油比 / Solution Gas Oil Ratio

◆ 地表の油と減圧して生じるガスの比 (scf/bbl)



## 2. 容積係数 / Formation Volume Factor (ガス)

◆ ガスの容積係数  $B_g < 1$  (気体は圧縮率が高い)

コンデンセート

油@地表

ガス@地表

ガス@地表

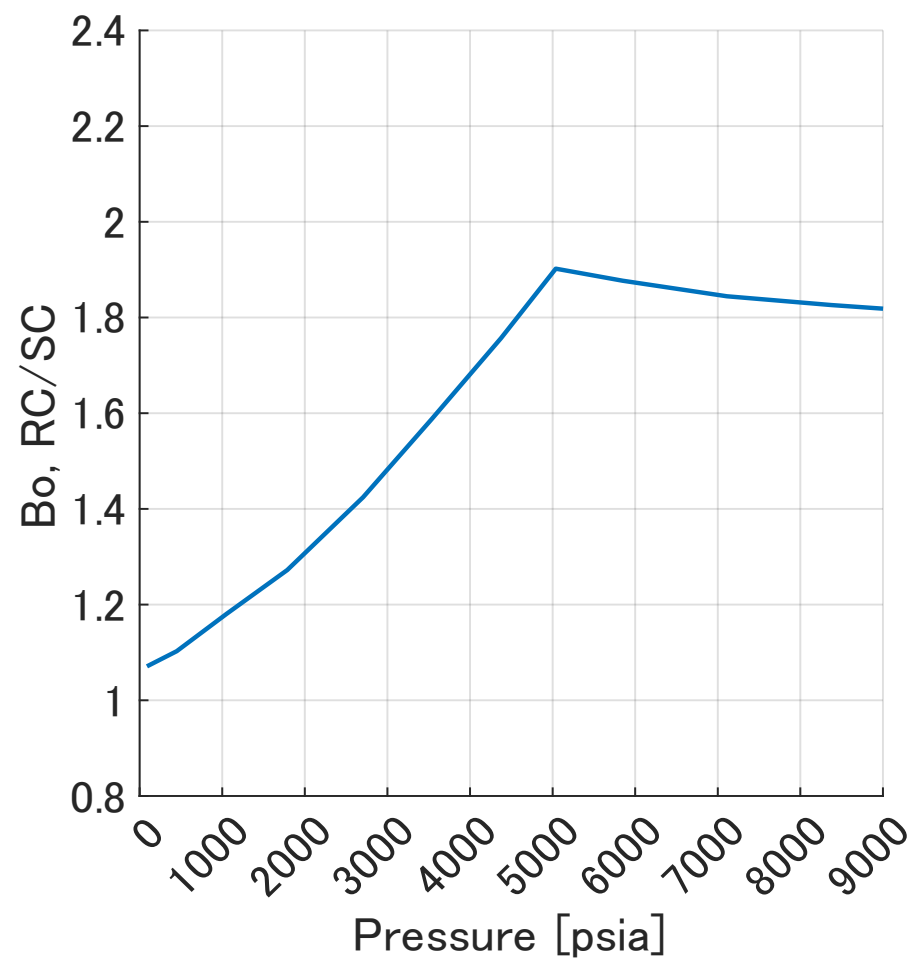
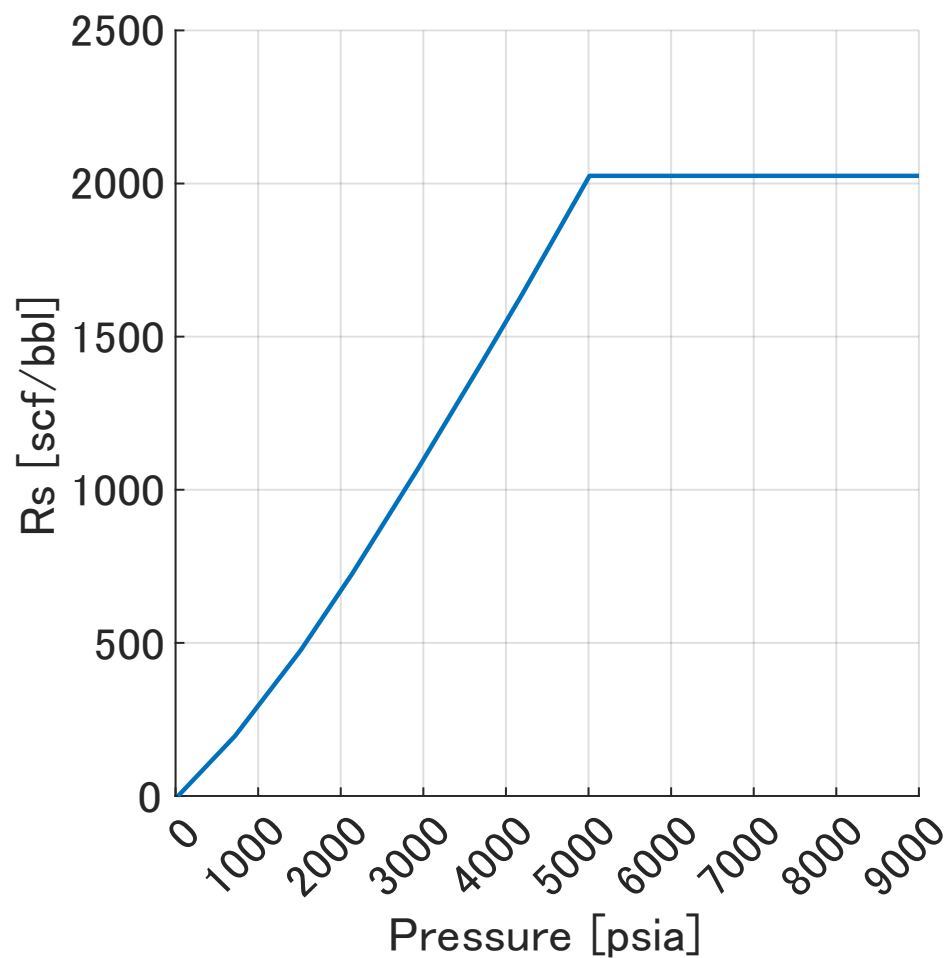
$B_g =$

ガス@貯留層

ガス@貯留層

## 2～3のまとめ

◆ 容積係数 / 溶解ガス油比は圧力に依存

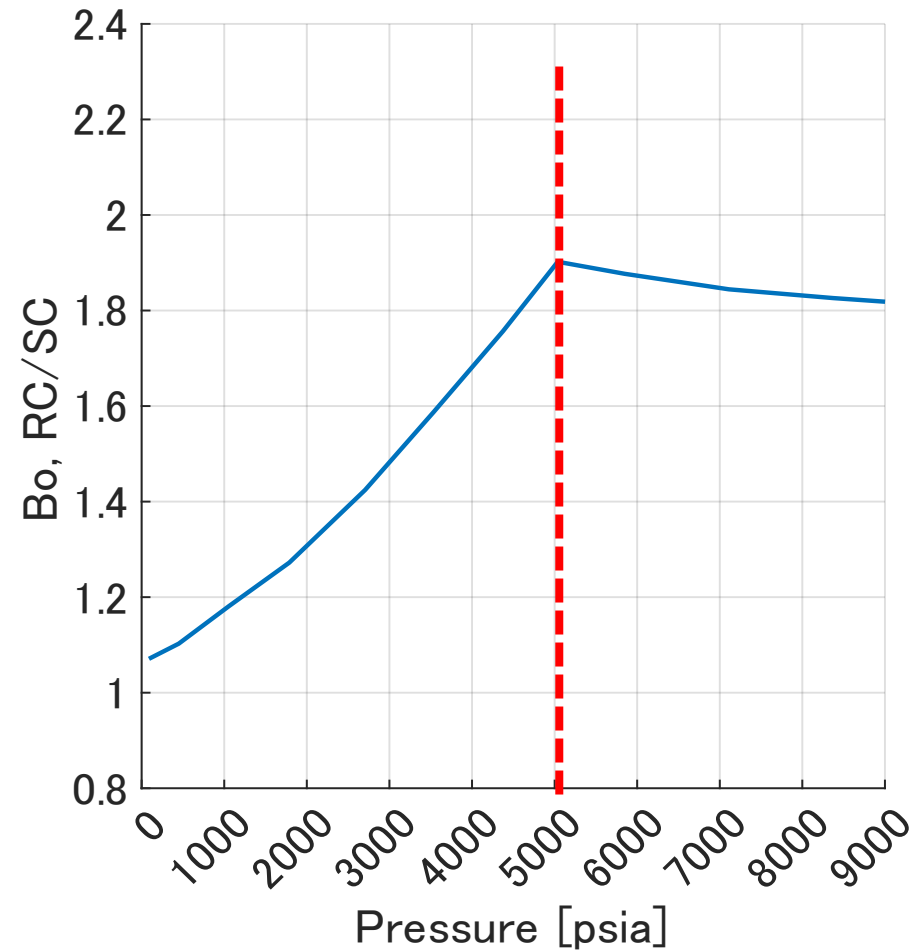
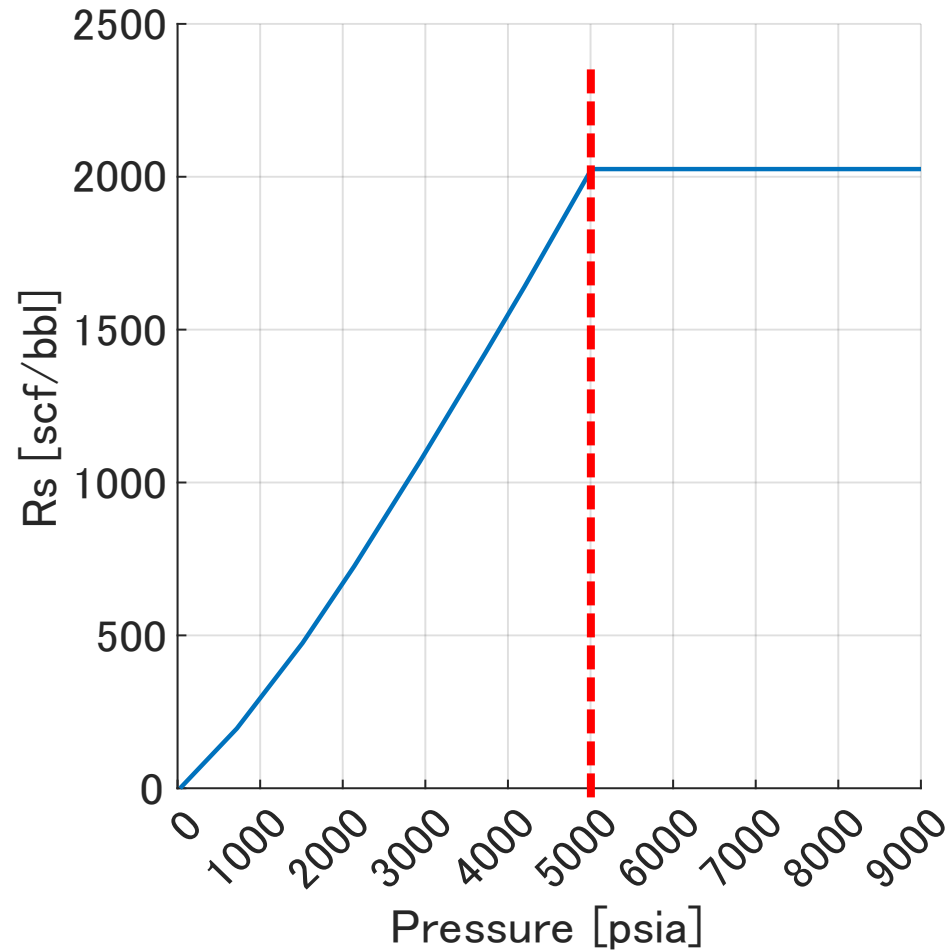


# CONTENTS

1	水-油 2相流
2	容積係数
3	溶解ガス油比
4	沸点压力
5	計算手法

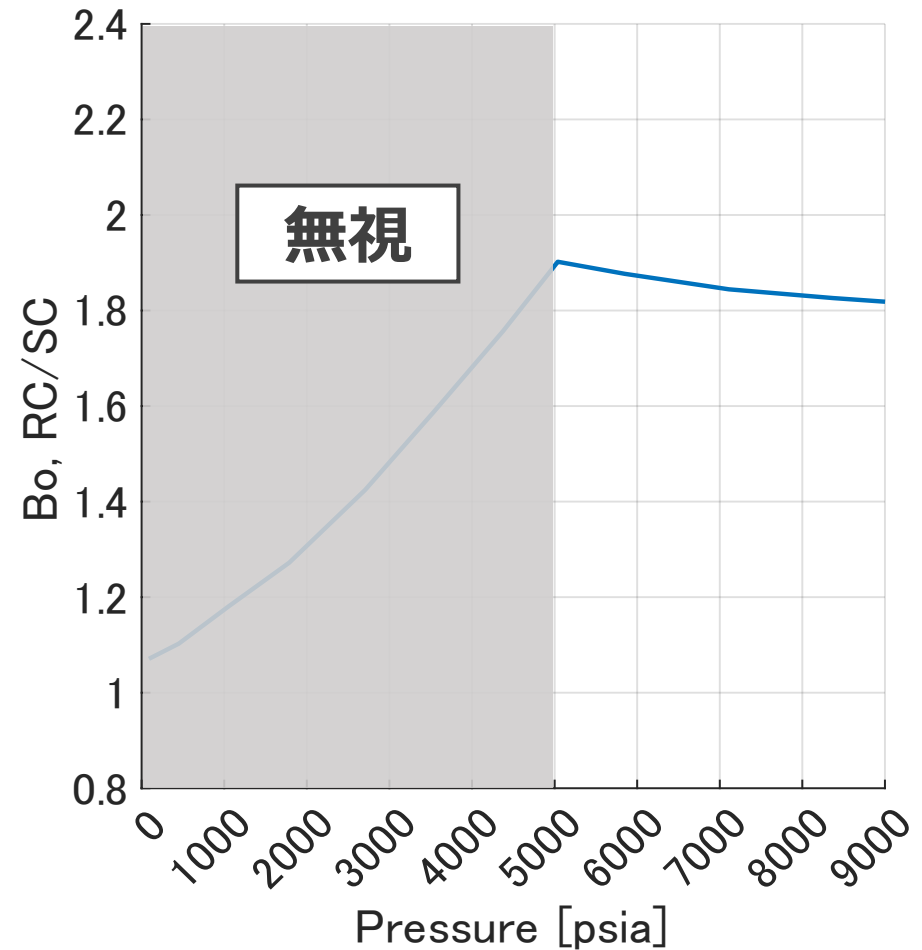
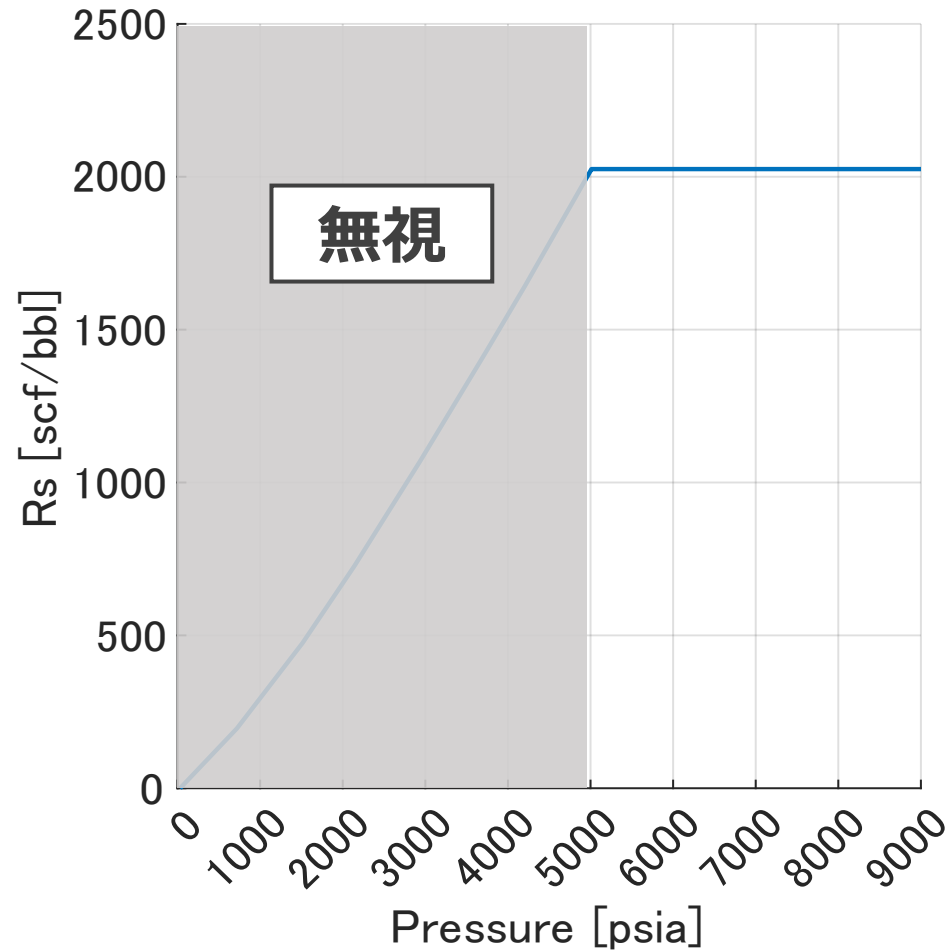
## 4. 沸点圧力 (Bubble Point Pressure)

◆ 沸点圧力以下になると油からガスが発生



## 4. 沸点圧力 (Bubble Point Pressure)

◆ 沸点圧力以下になると油からガスが発生



# CONTENTS

1	水-油 2相流
2	容積係数
3	溶解ガス油比
4	沸点圧力
5	計算手法



## 5. 計算手法

### ◆ 完全陰解法：FIスキーム (**F**ully **I**mplicit Scheme)

- 無条件安定，ただし非線形方程式なのでNewton法等のやや複雑な計算が必要

### ◆ 半陰解法：IMEXスキーム (**I**Mplicit **E**Xplicit)

- 線形項を陰解法，非線形項を陽解法で離散化
- 実装（プログラミング）が容易
- とくに油層解析ではIMPES法 (**I**Mplicit **P**ressure, **E**xplicit **S**aturation)

### ◆ 完全陽解法は商用シミュレータでは殆ど用いられない。

## 5. 計算手法

### ◆ 完全陰解法：FIスキーム (**F**ully **I**mplicit Scheme)

- 無条件安定，ただし非線形方程式なのでNewton法等のやや複雑な計算が必要

### ◆ 半陰解法：IMEXスキーム (**I**Mplicit **E**Xplicit)

- 線形項を陰解法，非線形項を陽解法で離散化
- 実装（プログラミング）が容易
- とくに油層解析ではIMPES法 (**I**Mplicit **P**ressure, **E**xplicit **S**aturation)

### ◆ 完全陽解法は商用シミュレータでは殆ど用いられない。