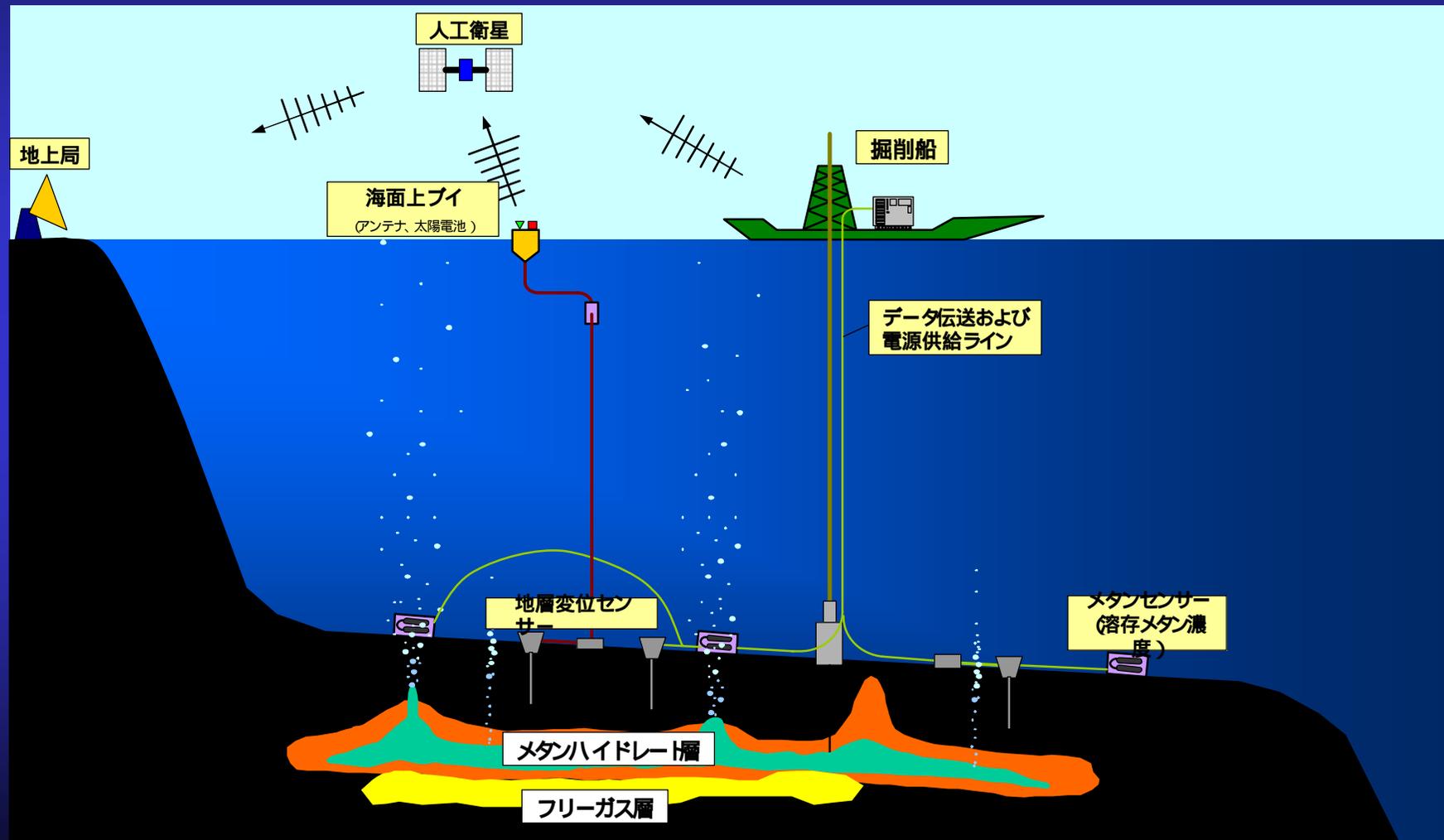


# モニタリング技術の開発

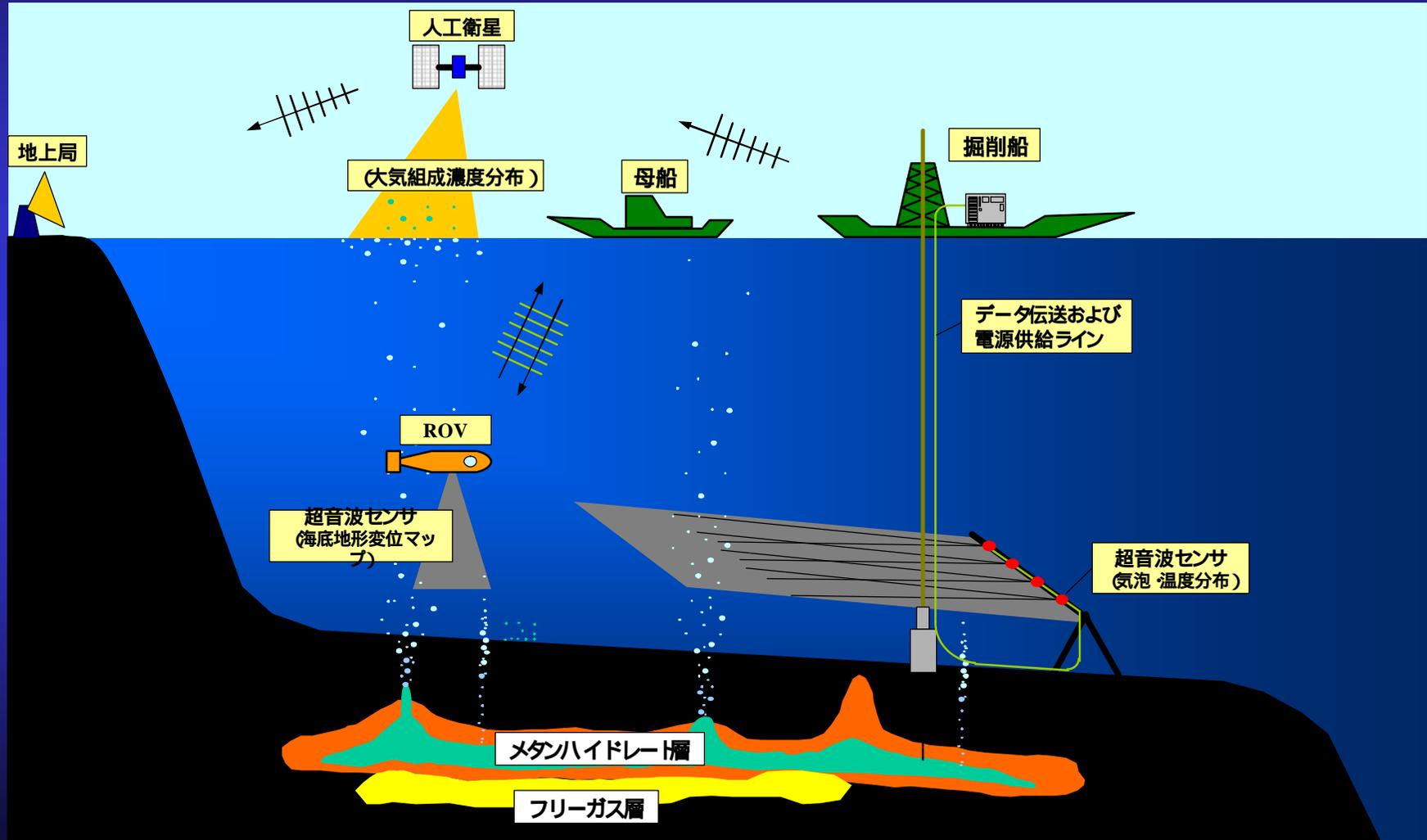
## 環境影響評価グループ モニタリング技術サブグループ

- ・エンジニアリング振興協会
- ・東京大学 徳山教授
- ・石川島播磨重工業 (株)
- ・石川島検査計測 (株)
- ・大成建設 (株)
- ・応用地質 (株)

# 環境影響モニタリングシステムのイメージ (ネットワーク型)



# 環境影響モニタリングシステムのイメージ (広域型、マッピング型)



# モニタリング技術の開発 (フェーズ1)

開発項目		H13	H14	H15	H16	H17	H18	目標	
ガス漏洩	直接法 (メタンセンサー およびその他)	課題抽出 既往技術調査	メタンセンサーの開発・改良			プロトタイプ システム構築		実用化 システム 基本設計	実用化システムの基本設計 基本システム性能の実証
	間接法 (微生物)		要素技術開発			プロトタイプ システム構築		連続測定システム 基本設計	
地層変形			センサー類の開発 / 改良 / 選定			プロトタイプシステム構築		実用化 システム 基本設計	
			室内	陸上	実海域				
全体システム			システム構成 / 仕様			全体システム まとめ			

# 平成13年度のまとめ

(実施項目と成果)

		平成13年度実施項目	成果
ガス漏洩	直接法 (メタンセンサー)	既存メタンセンサーおよび 分離膜技術の調査	既存センサーの問題点および 開発課題の明確化
	間接法 (微生物)	微生物検出・解析法の調査	適用手法の選別 開発方針 課題の明確化
	その他	超音波および吸光特性を 利用した監視技術の調査	検討課題の明確化
地層変形		既存モニタリング技術の調査 (地滑り 海底地層変形) 既存センサー類の調査	地層変形特性の把握 センサー類の選定 開発課題の明確化

# ガス漏洩モニタリングシステム

## 平成13年度実施内容

### 1 .現状技術のレビュー

- ・ 溶存メタン濃度検出技術 (直接法)
- ・ 微生物検出技術 (間接法)
- ・ 超音波および吸光利用技術 (その他)

### 2 .センサー類の調査

- ・ 既往メタンセンサーおよび分離膜技術の調査

### 3 .技術的課題の抽出

(直接法)

# METSメタンセンサーと 使用事例

コネクタ (母船側)



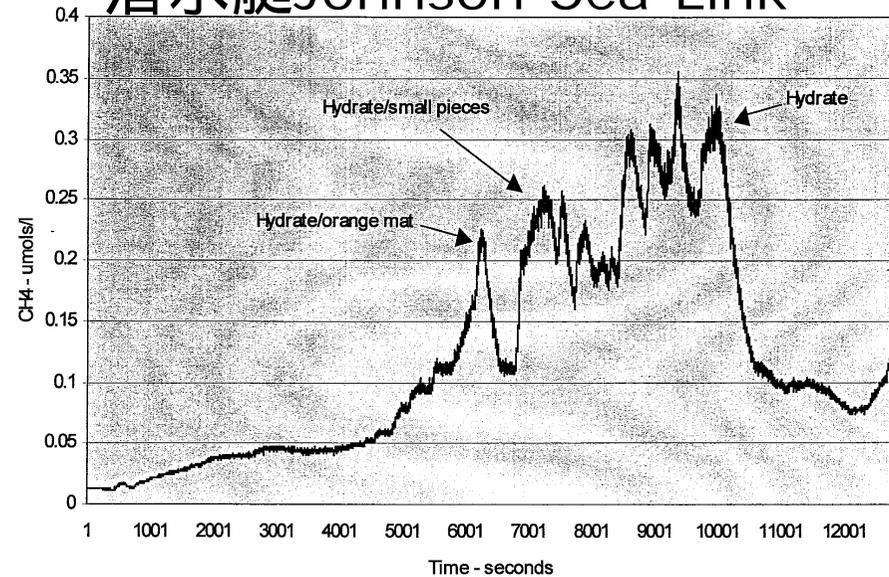
センサー外観

膜 (海底側)



Dive 4214

## 潜水艇Johnson-Sea-Link



潜水艇潜航時の濃度値変化

モニタリングSG

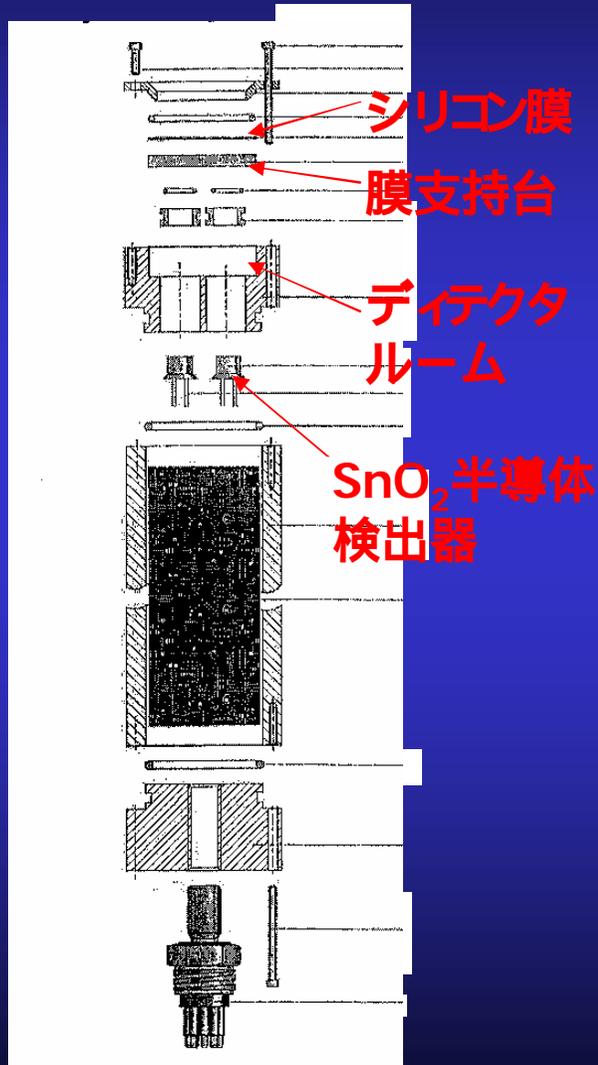
(直接法)

# METSメタンセンサー 仕様

項目	仕様
外形	直径:49mm 全長:200mm
重量	SUS製:1.5KG
水深	0 ~ 3500m (4000mまで実績あり)
使用温度	2 ~ 20
分離膜材質	シリコン膜
濃度レンジ	<u>10nmol/l ~ 4 μ mol/l</u> <u>50nmol/l ~ 10 μ mol/l</u> <u>1 ~ 100 μ mol/l</u> <u>2 ~ 50mmol/l</u> の4種類から選定
濃度分解能	4 ~ 5 nmol/l (20nmol/l時)
応答時間	3 ~ 30分

(直接法)

# METSメタンセンサー 動作原理



海水中溶存メタン

(シリコン膜)

ディテクタ内に気化分離

(SnO<sub>2</sub>半導体検出器)

ガス濃度測定

ディテクタ内部

シリコン膜は水分も透過

相対湿度が100%程度に制御

(直接法)

# 分離膜技術 透過係数

高分子膜における気体透過係数の比較(30~35 )

	P ( $10^{-10}\text{cm}^3(\text{STP})\text{cm}/\text{cm}^2\text{scmHg}$ )			
	水蒸気	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>
PDM S	40000	3200	1000	600
PTM SP	-	19000	4300	3000
P4M P	-	93	19	32
PTFE	33	13	—	4.9
PE	90	28	6.8	6.9
PP	65	9.2	1.5	2.2

(直接法)

# ガス漏洩モニタリングシステム 直接法の技術的課題

低濃度の検出 (限界把握と分離膜の開発)

海中溶存メタン濃度 :数 nmol/l

METSセンサー検出限界 :10 nmol/l(カタログ値)

精度、再現性、応答性 (性能把握と改良)

性能不明確

半導体検出器 :酸素濃度影響除去

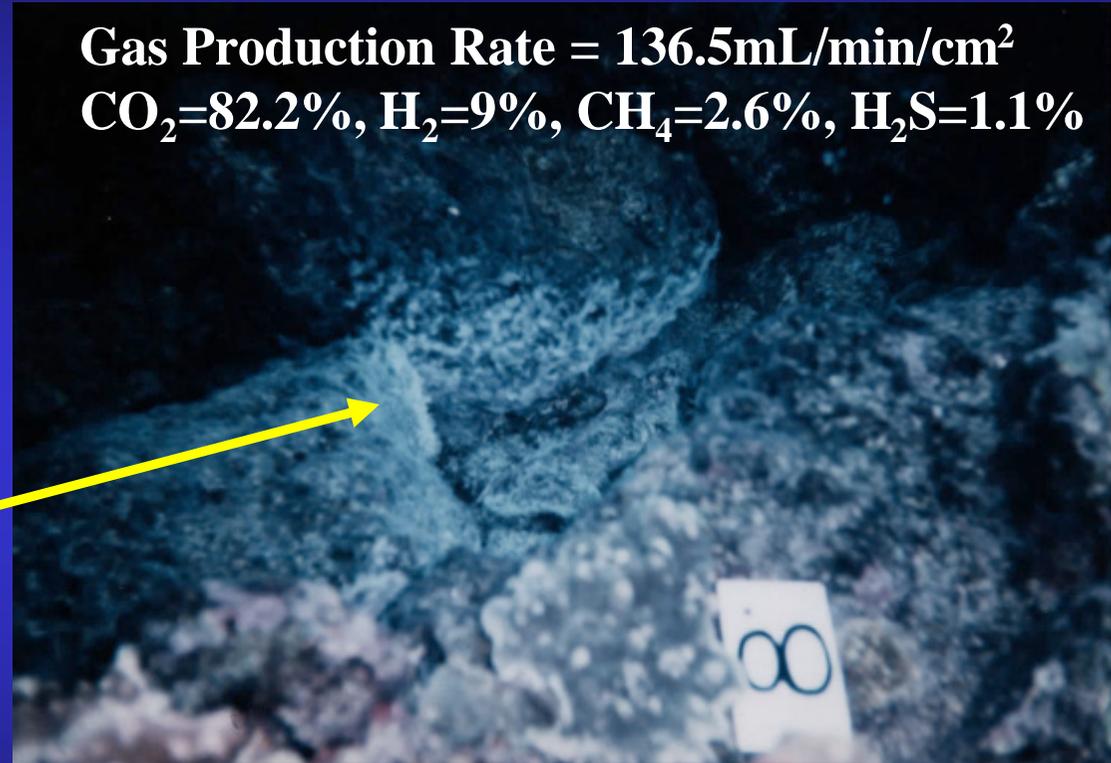
(間接法)

## 海底ガス湧出域の生態系の特徴



バクテリアマット

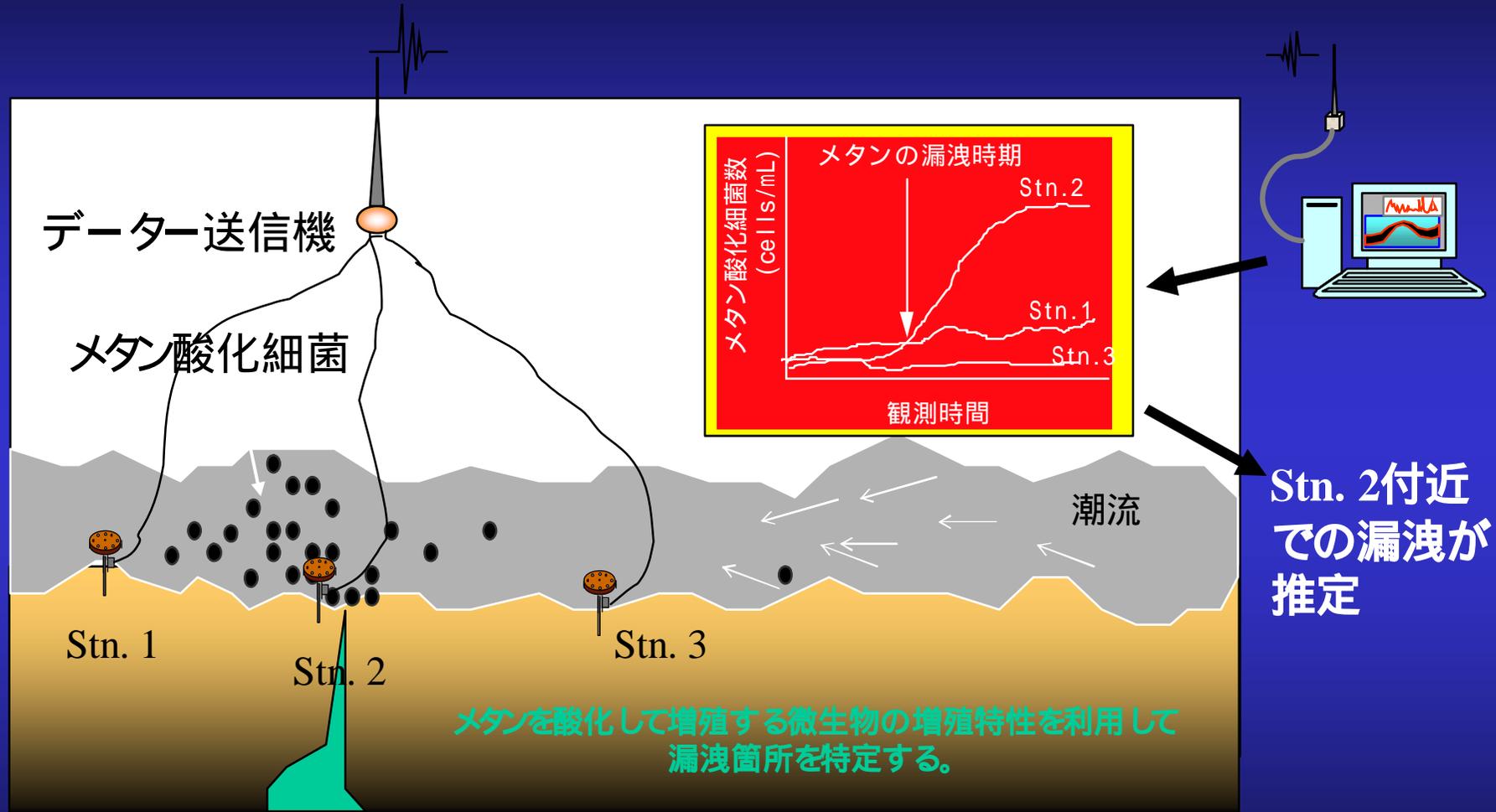
Gas Production Rate = 136.5mL/min/cm<sup>2</sup>  
CO<sub>2</sub>=82.2%, H<sub>2</sub>=9%, CH<sub>4</sub>=2.6%, H<sub>2</sub>S=1.1%



メタンガスを酸化して増殖するメタン酸化細菌や硫化水素を酸化して増殖するイオウ酸化細菌が海底のガス湧出域に広く分布

(間接法)

# 間接法によるモニタリングのイメージ



## 原位置方式漏洩箇所特定システム

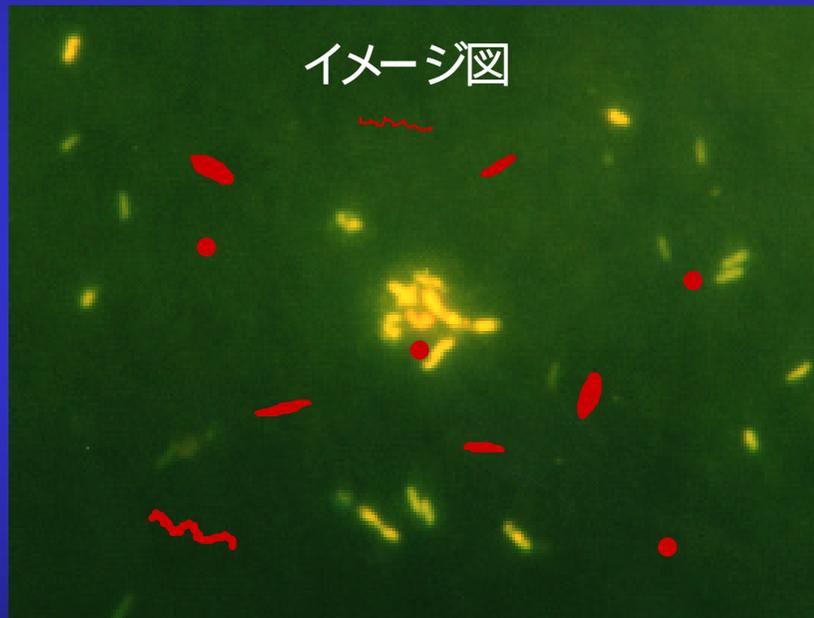
ガスハイドレート回収作業区域において、微生物検知システムを原位置に設置してモニタリングする。

# 微生物検出法の特徴

手法	メリット	デメリット	検出限界	前処理
全菌数測定	操作が容易	-	菌数 $10^4$ 以上	-
生菌数測定	-	培養可能種のみ (< 1%)	-	-
DGGE	微生物種を推定できる	-	-	-
Southern hybridization	目的遺伝子を検出できる	再現性に乏しい	-	-
Dot blot hybridization	目的遺伝子の検出	単離試料のみ 適応可能	-	クローニング
FISH法	実環境下に近い状態で検出	不純物による検出阻害	菌数 $10^6$ 以上	核酸固定
In situ PCR	菌体数を変えずに検出可能	条件設定が困難	?	核酸固定

(間接法)

# 多様な微生物群集からの特定菌の検出原理



赤色が蛍光染色された  
メタン酸化細菌

海水中に棲息する様々な性質の菌

形態以外の特徴による分類

メタン酸化細菌の特有のDNA  
に蛍光標識

メタンモノオキシゲナーゼ  
16S rDNA

蛍光染色された菌を分取 計数

蛍光プローブ法  
FISH, フローサイトメトリー

(間接法)

# ガス漏洩モニタリングシステム 間接法の技術的課題

溶存メタンガス濃度と増殖菌数の相関 (基本原理)

分析手法の再現性 (検出精度の向上)

低濃度の検出 (検出感度の向上)

前処理の簡易化 (リアルタイム計測)

無線伝送システム (広域観測)

シンプルなシステム構成 (メンテナンスフリー)



**広域 連続・リアルタイムモニタリングシステム**

## 超音波を利用した監視技術

### メタンハイドレート気泡群の監視

・魚群探知機 (魚の空気袋の検知)

適用周波数 使用周波数 :16 ~ 460 kHz

監視距離 : 100 ~ 1000m

・配管のボイド系

超音波の音圧変化で管内のボイドを検知

### 異常音の監視

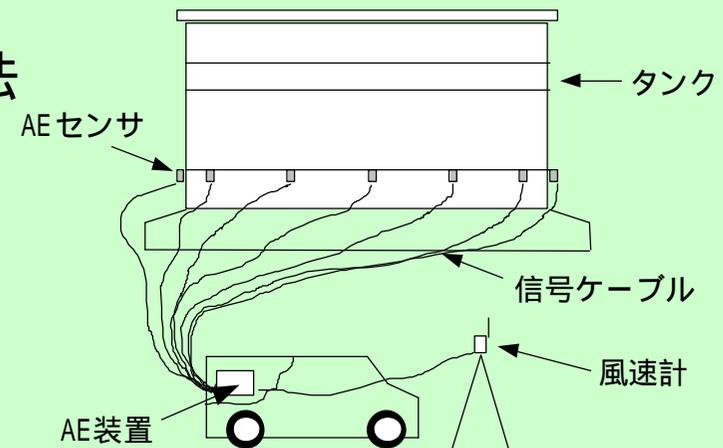
・アコースティックエミッション (AE) 法

各種構造物の損傷監視

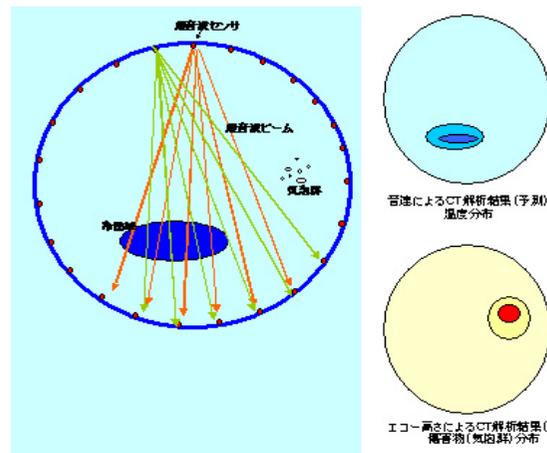
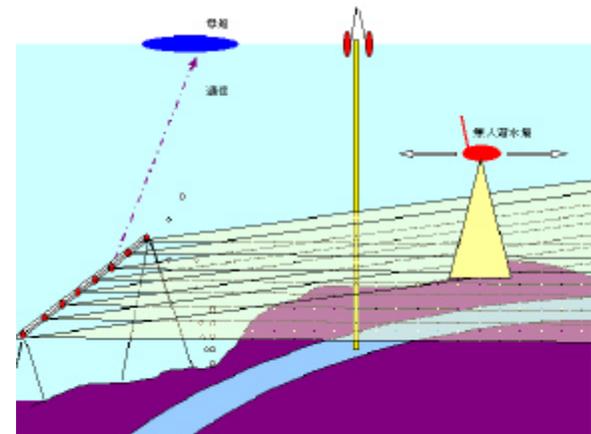
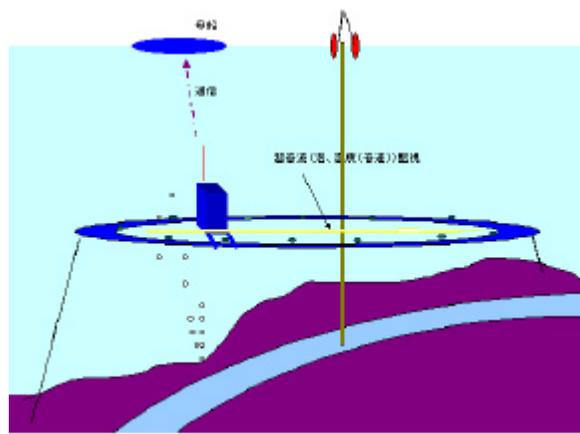
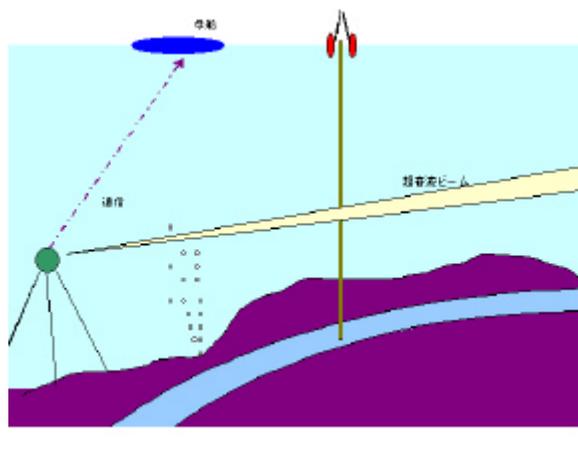
(30kHz ~ 500kHz)

コンクリート、地盤、岩盤監視

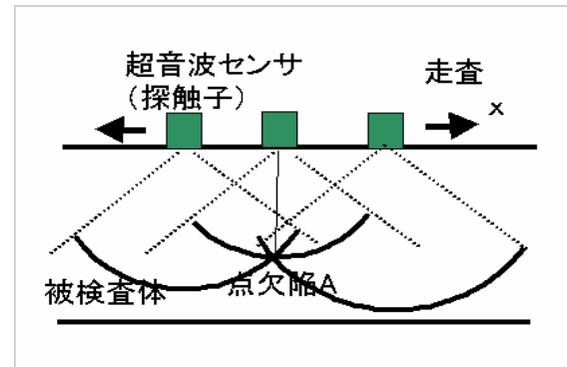
(100kHz以下)



# 超音波を利用した計測の概念



コンピュータトモグラフィ



開口合成

(その他の手法)

## 吸光特性を利用した監視技術

半径数100M規模の大気中に存在する成分の同定と、濃度定量が可能な技術

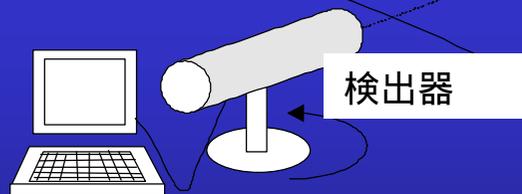
### 受動式 FTIR

太陽光などの自然光源を利用し、吸光特性から大気中の成分を分析する方法

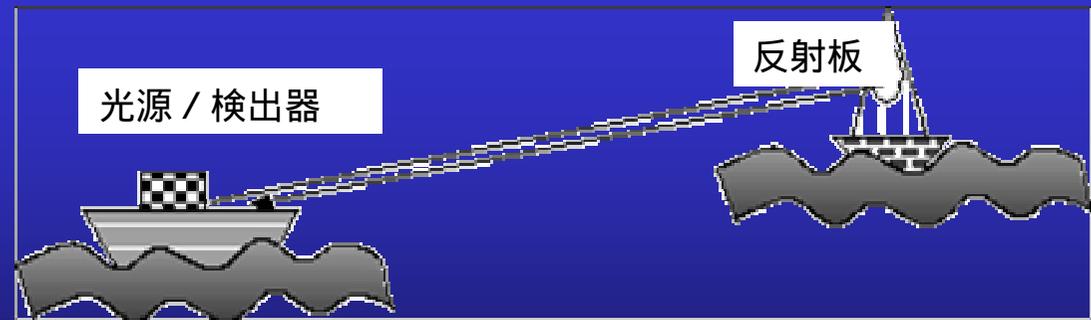
### オープンパス式 FTIR

人工光源を使用し、吸光特性から大気中の成分を分析する方法

船上にて測定 回転スキャン可能



受動式FTIR

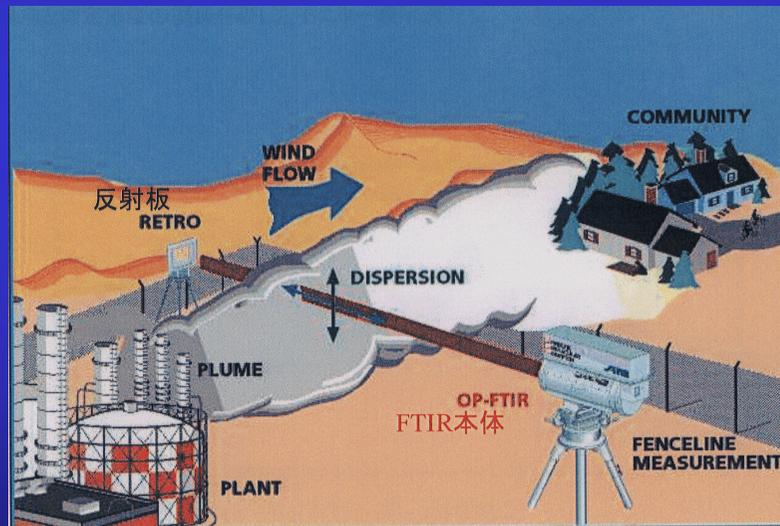


オープンパス式FTIR

(その他の手法)

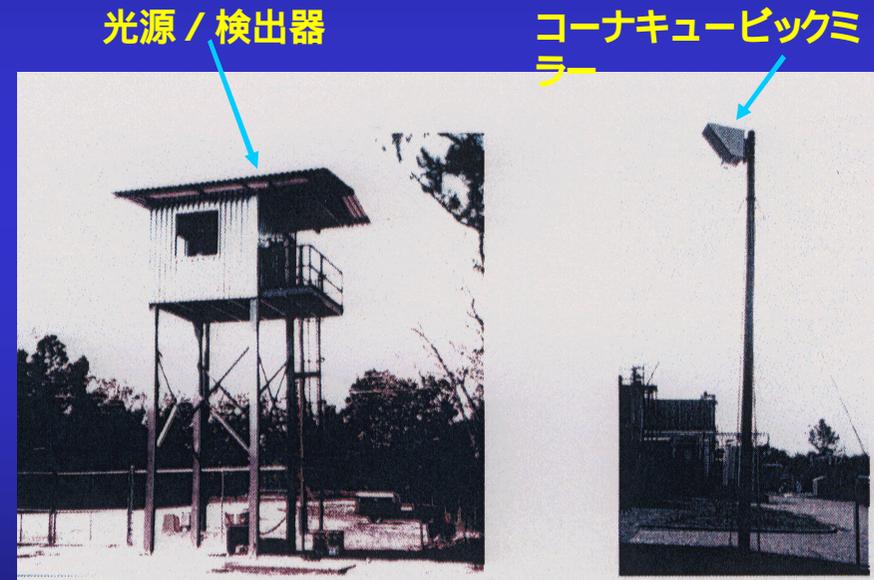
## オープンパス式 FTIR (実施例)

平成 13年度の調査では、市販品 4件を確認した  
(但し、うち 2件は光源が紫外～可視光の光源を使用)  
環境モニタリング機器として実用化されている



工場フェンシングラインにおける  
排ガスモニタリング

(出所 :日本エアークラフトサプライ)



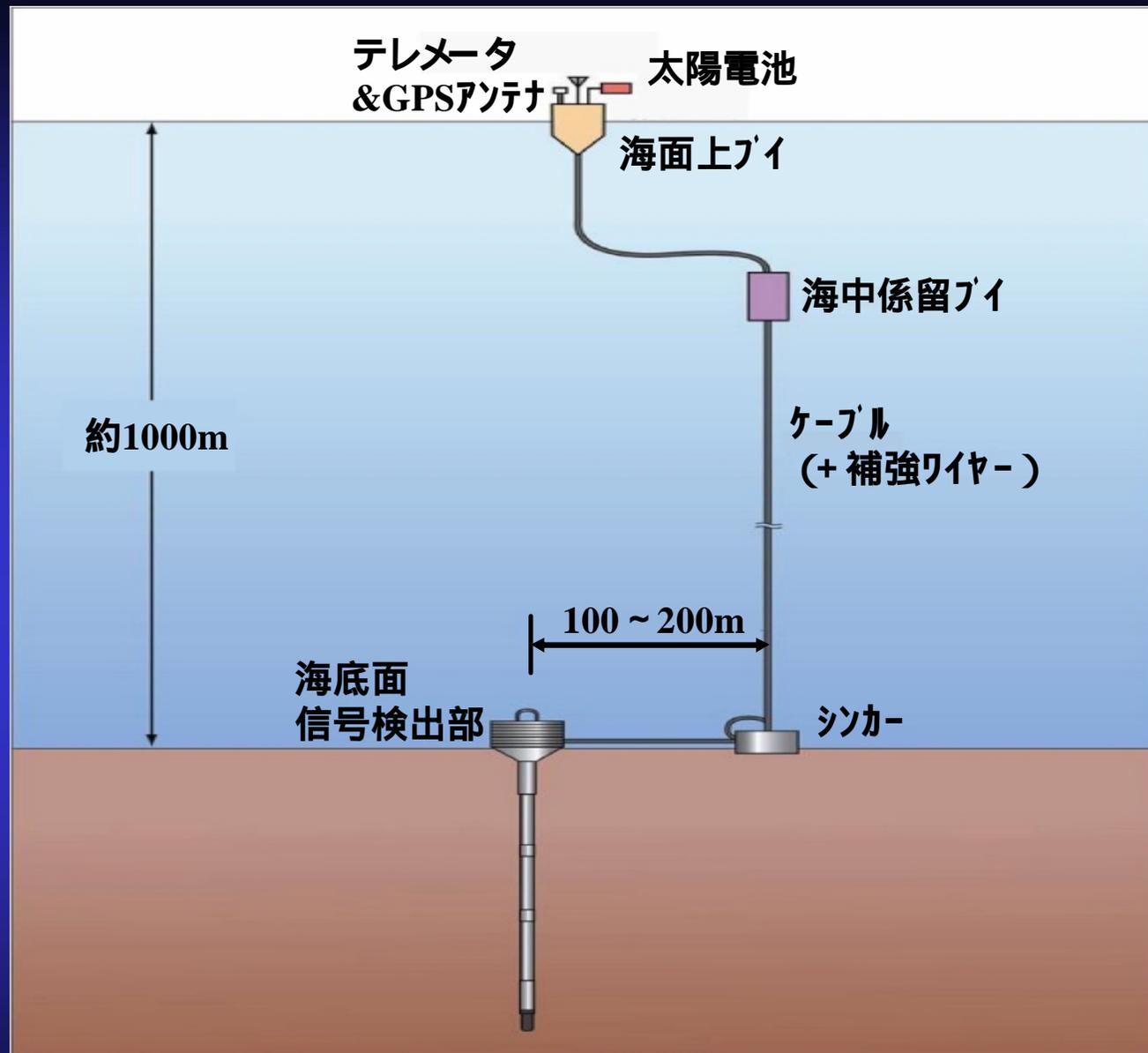
石油精製工場での用途例

(出所 :日本エアークラフトサプライ)

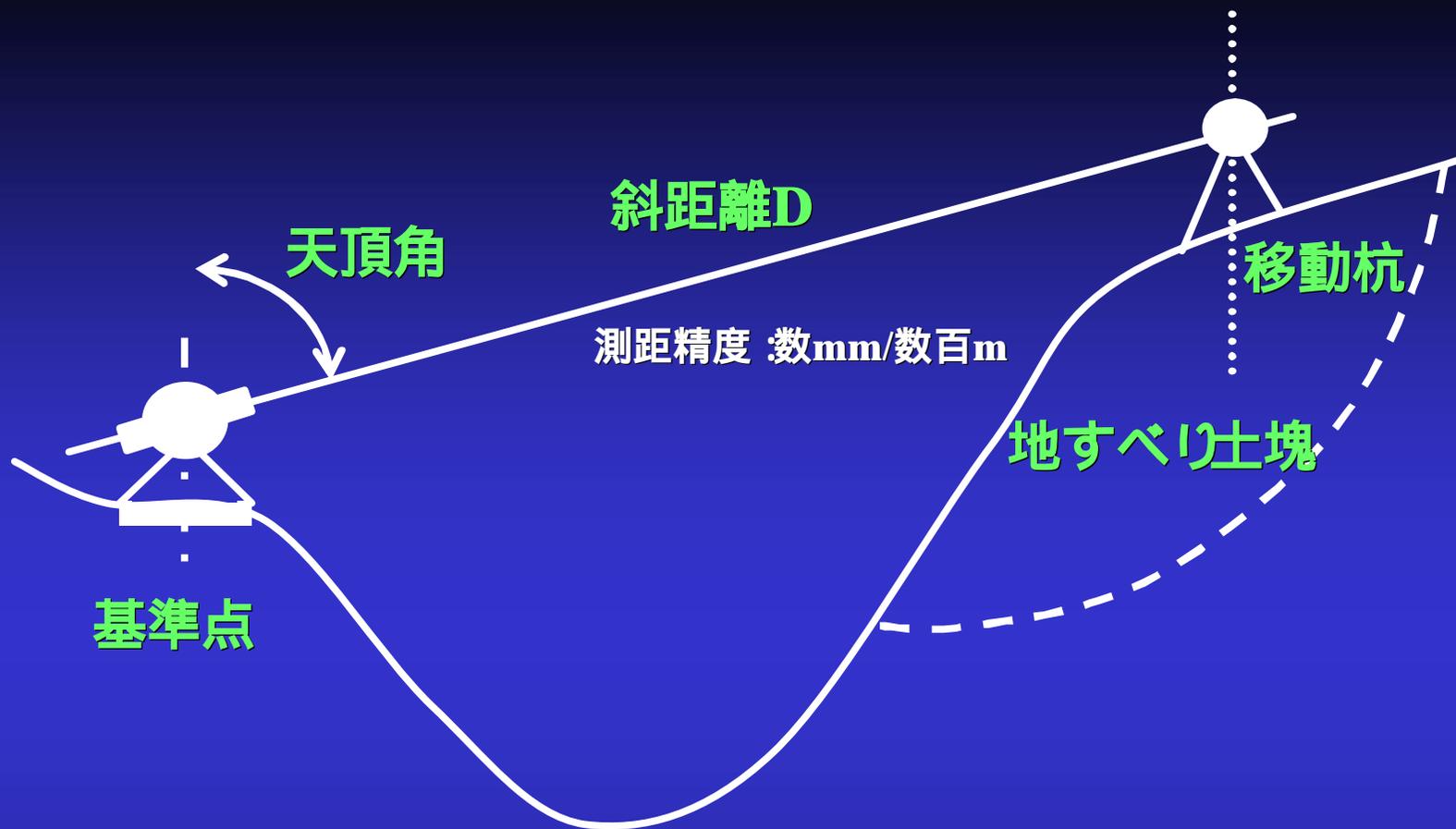
# 地層変形モニタリングシステム

## 平成13年度実施内容

- 1 .現状技術のレビュー
  - ・ 地すべりモニタリング技術
  - ・ 海底地層変形モニタリング技術
- 2 .センサーおよびデータ収録装置の調査
  - ・ 地すべり観測データによる地層変形特性の検討
  - ・ センサー
    - 傾斜計、地震計及び加速度計、AEセンサー、方位計、温度計
  - ・ データ収録装置
- 3 .組み込みセンサー類およびデータ収録装置の検討
- 4 .技術的課題の抽出

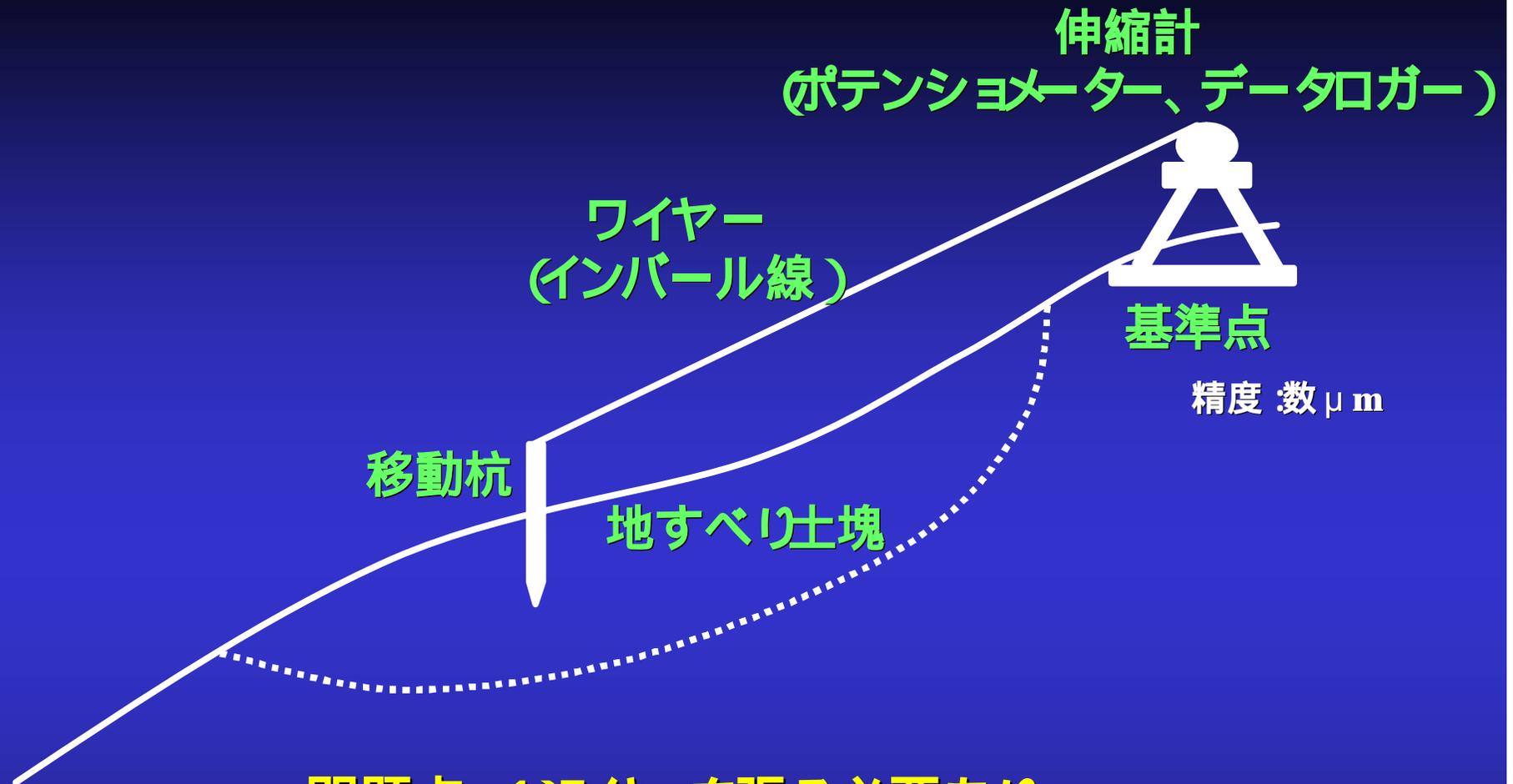


地層モニタリングシステム完成イメージ



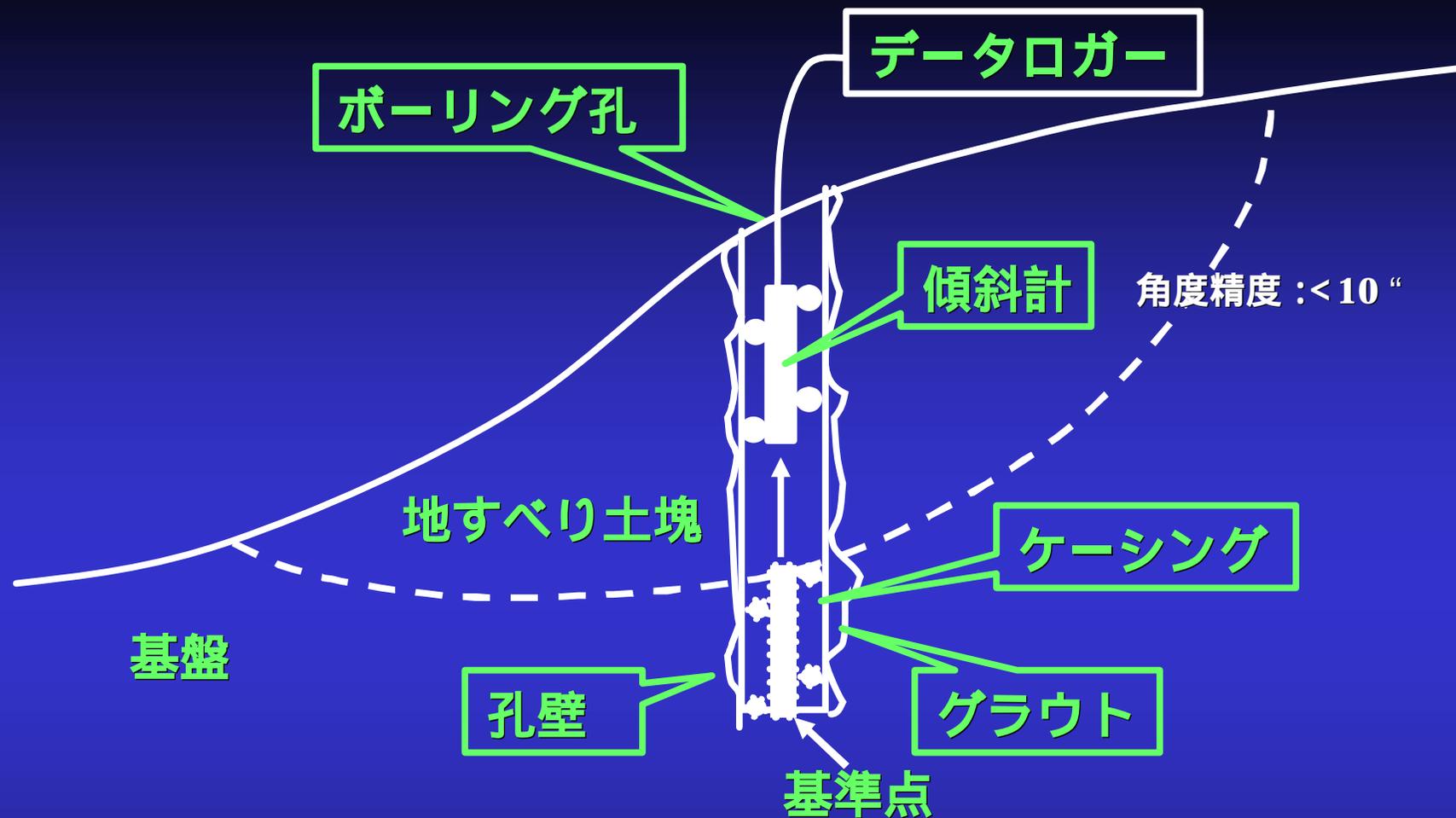
問題点 : 1) 海水中では適用困難

測量による地すべり観測模式図



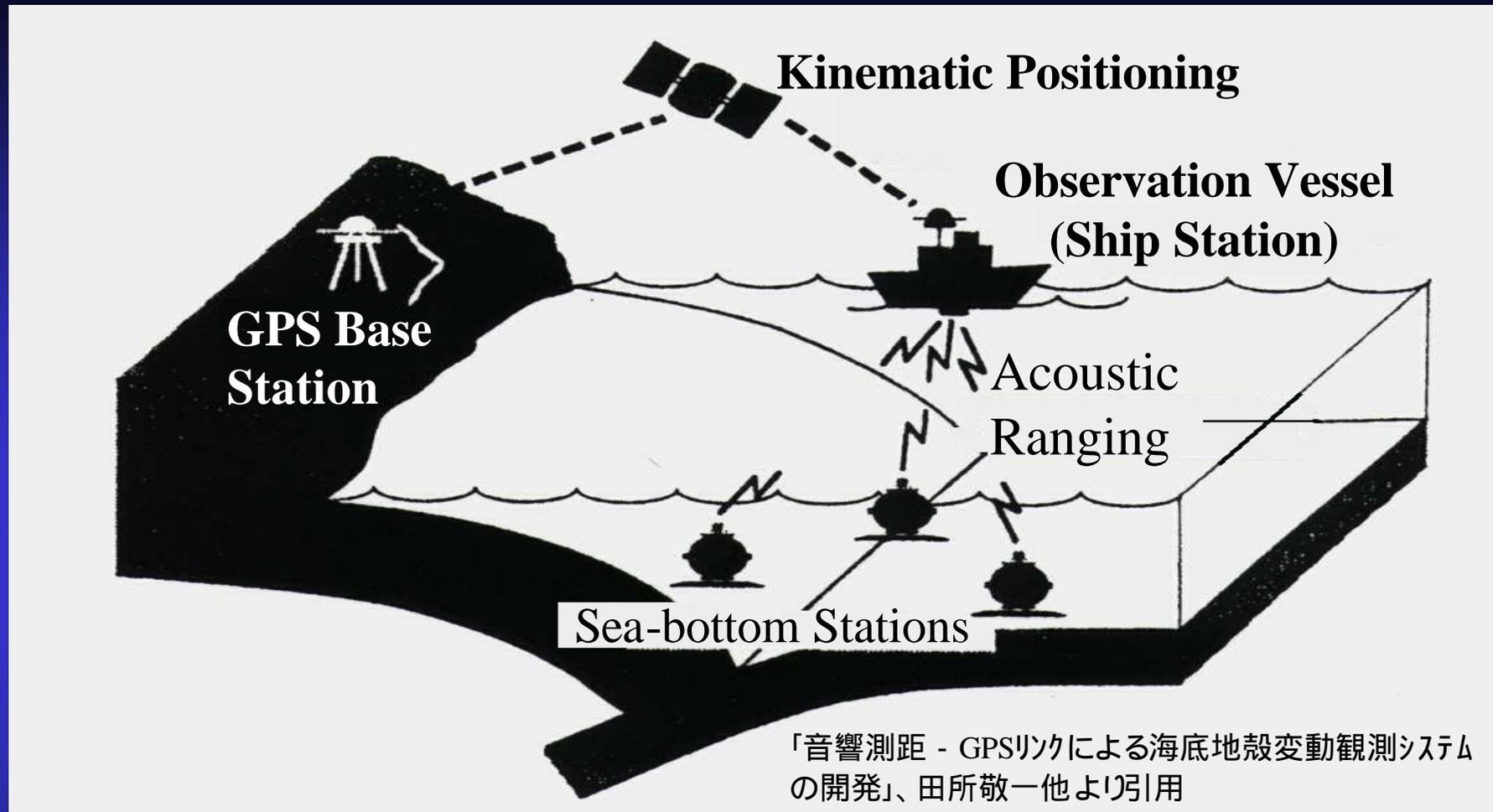
- 問題点: 1) ワイヤーを張る必要あり  
2) 3方向の変位検出不可

## 伸縮計による地すべり観測模式図



- 問題点：1) ボーリング孔掘削およびケーシング挿入が必要  
 2) 上下方向の変位は検出不可

## 傾斜計による地すべり観測模式図



**問題点 : 1) 経費が膨大**

**2) 更なる精度向上が必要**

**海底地殻変動観測システムの概念図**

# 主な国内外の傾斜計の仕様比較

メーカー	型式	測定範囲	分解能	その他
応用地質(株)	Model-440	± 30度	$< 2.8 \times 10^{-3}$ 度	24ビット出力
(株)アカシ	JST-3B	± 4.5度	$5.73 \times 10^{-8}$ 度	
住友 海洋開発(株)	PALT-TILT	± 5度	$2.5 \times 10^{-3}$ 度	精度0.3度

# 主な地震計および加速度計の仕様比較

メーカー	型式	測定範囲	分解能	周波数特性
(株)アカシ	V404	± 3G	$2 \times 10^{-8}G$	DC ~ 400Hz
日本航空電子(株)	JA-5	± 20G	$1 \times 10^{-6}G$	DC ~ 300Hz
(株)勝島製作所	Datol-2001	± 2G	$2 \times 10^{-8}G^*$	DC ~ 30Hz
(株)東京測振	SV-355R	± 2G	$1 \times 10^{-6}G$	DC ~ 100Hz
Kinematics	Epi Sensor	± 0.25 ~ 4.0G	$8 \times 10^{-9}G^*$	DC ~ 200Hz
Honeywell	QA-3000	± 60G	$1 \times 10^{-6}G$	DC ~ 10Hz

\*はカタログに記載には無く他データより換算、Datol 2001は変位検出用、他は加速度計

# 主な地震観測データ収録装置の仕様比較

メーカー	型式	ダイナミックレンジ	ビット数	周波数特性
(株)アカシ	SMAV-MUD	114dB	24	DC ~ 30Hz
(株)勝島製作所	Datol-2001	96dB*	24	DC ~ 30Hz
(株)東京測振	SAMTAC-500	132dB*	22	0.05 ~ 40Hz
白山工業(株)	LS-8000WD	120dB以上	24	DC ~ 60Hz
Kinometrics	Q-730	142dB	24	DC ~ 125Hz

\*はカタログに記載無く他データより換算

# 地層変形モニタリングシステム

## 技術的課題

### - 傾斜計による海底面の变形把握 -

- ◆観測点に加えて**不動点(基準点)**での観測が必要不可欠
- ◆不動点と観測点間あるいは**各観測点間の傾斜が一様**
- ◆センサーの**分解能は $10^{-6}$ ラジアン以下**
- ◆検出された水平と垂直傾斜角から**水平および上下方向変位の計算手法**の検討

### - サーボ型加速度計による変位検出 -

- ◆長期間の非常に**ゆっくりとした、極々微小な加速度**の検出
- ◆システムの**直流成分による積分誤差**の増大。

## - データ収録装置 -

- ◆ダイナミックレンジは、最も広い機器で142 dB。S/N比の良いデータを得るためにはセンサーからの信号をこの範囲の中で極力大きな信号として収録する必要あり
- ◆そのため、センサーからの信号を増幅するノイズの極力小さな直流増幅器が必要
- ◆センサーとデータ収録装置を組み合わせた実験システムを構築、各種実験の実施が必要
- ◆直流領域と微小信号領域での特性の把握が特に重要

# 平成14年度実施項目と目標

		平成14年度実施項目	目標
ガス漏洩	直接法 (メタンセンサー)	<ul style="list-style-type: none"> <li>メタン濃度検出試験装置の製作</li> <li>メタンセンサーの性能試験 / 評価</li> <li>分離膜の性能試験 / 評価</li> <li>低濃度メタンガス検出法の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>センサーの基本性能の取得</li> <li>センサーの改良法の抽出</li> <li>実用化手法の選択</li> </ul>
	間接法 (微生物)	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶存メタン濃度と微生物変化量の関係評価</li> <li>ターゲット微生物検出法の検討</li> </ul>	
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>超音波利用監視法の調査および基礎水槽試験</li> <li>吸光特性利用監視法の調査</li> </ul>	
地層変形		<ul style="list-style-type: none"> <li>センサーの性能試験装置の製作</li> <li>センサーの性能試験 / 評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>センサーの基本性能の取得</li> <li>センサーの改良法の抽出</li> </ul>