CO₂-空気混合ガスの超音波減衰特性*

宮 腰 宏¹ 今 井 忠 男² 佐々木 久 郎³

Ultrasonic Attenuation in CO₂ - Air Mixtures

by Hiroshi MIYAKOSHI¹, Tadao IMAI² and Kyuro SASAKI¹

1. Mining College, Akita University, Akita 010
2. Graduate School of Engineering, Hokkaido University

This paper describes the ultrasonic attenuations in gas mixtures of CO₂ and air to investigate the possibility of a CO₂ gas concentration monitor using with the ultrasonic attenuations. Three kinds of ultrasonic transducers (40, 215 and 500 kHz) were used for the measurements. Measurements of the attenuation per unit distance of each ultrasonic wave were carried out by varying the length of a test cell of 26 mm in diameter from 30 mm to 150 mm. From these fundamental results, the practical gas detection cells were designed and the detection method in order to monitor the CO₂ gas concentration was developed. Two 215 kHz ultrasonic transducers were installed on the both sides of the gas detection cell of 4 mm in diameter and 70 mm or 40 mm long. The attenuation of 215 kHz ultrasonic is the largest of the three ultrasonics. The ultrasonic waves are sent intermittently from the transducer and are propagated through the cell. The sound pressure of the ultrasonic waves are detected by another transducer on the other side. The peak detected value of the sound pressure in the first receiving waves is decayed sharply by introducing CO₂ and air mixtures into the cell compared with air. The relationship between the peak detected value; P_1 and CO₂ concentration; $C(\%)$ is presented.

The summary of the measurements is as follows:

- a) The peak detected value of the sound pressure; P_1 extremely decreases with increasing CO₂ concentration in a range of $C = 0 \sim 20\%$ (Fig. 11).
- b) The ratio between the peak detected value of gas mixtures and air P_1/P_{10} may be treated to be independent of temperature (Fig. 13).
- c) The peak detected value is comparatively influenced by adding water vapor into the gas mixtures (Fig. 14).

KEY WORDS: Ultrasonic Wave, Attenuation, CO₂, Gas Concentration

1. 緒 言

本論文は、超音波の減衰を利用した二酸化炭素（以下炭酸ガスと記述する場合がある）の高濃度用モニターを構成するための基礎データを測定したものである。

今後の地球環境を考慮した場合、炭酸ガスの除去あるいは高濃度化処理は、多くの石炭燃焼炉あるいは製鉄・精錬プロセスなどにおいて重要性を増すものと予測される。このような排出ガスから炭酸ガスを分離するプロセスでは、高濃度用のモニターが必要となり、さらに粉塵などに対する耐環境性を有する必要がある。したがって、超音波を応用したモニターが開発できれば、光学式のモニターに比較し、より適用性をもつものと予測される。また、

炭酸ガス自体も一種の素材あるいは原料と考えることもでき、減衰特性などの音響物理特性は、炭酸ガスの有効利用上必要である。

過去、各ガス種における音速の変化を利用した濃度計¹⁾が実用化されているが、ベースガスとなる空気の音速との相違が比較的小さい炭酸ガス等については、測定精度上問題が残る。また、従来の光干渉式および吸光度式の光学的ガス濃度計は、粉塵などの多い現場に適用しにくいと考えられている。しかしながら、超音波送受波器については耐環境性および保守性に関し優れていると考えられることから、音速以外の超音波減衰などの物理特性から濃度モニターを構成できれば工学上有用であると考えられる。

本研究に先立ち、著者らはメタン、炭酸ガス、エチレン等のガスと空気とのそれぞれの混合ガスにおける基本的な超音波減衰特性を調べている²⁾⁻⁴⁾。その結果、ガス種によって減衰特性がある程度異なることがわかってきている。

本研究は、CO₂-空気混合ガスにおける各周波数(40 kHz, 215 kHz, 500 kHz)での超音波の基本的な減衰特性を実験的に調べ、超音波送受波器を組み込んだ実証的な炭酸ガス濃度検出セルを構成することを目的としたものである。また、実験的に炭酸

* 1991年10月30日受付 1992年9月11日受理 資源・素材学会平成3年度春季大会および第19回安全工学シンポジウム(平成元年)にて一部講演

1. 正会員 工博 秋田大学教授 鉱山学部資源・素材工学科
2. 正会員 北海道大学大学院 工学研究科
3. 正会員 工博 秋田大学助教授 鉱山学部資源・素材工学科
キーワード: 超音波, 減衰, 二酸化炭素, ガス濃度

ガス濃度と超音波の受信音圧との関係を測定した結果、炭酸ガス濃度の増加に従い、超音波の音圧がかなり大きな減衰を示すことが明らかとなった。とくに、ガス濃度が0～20%の範囲で音圧が著しく減少することが確認された。さらに、これを利用したCO₂-空気混合ガスの高濃度モニターの可能性について議論した。

2. 実験装置および測定方法

2.1 記号の定義

ガス検出用セルの模式図と主な記号の定義を図1に示す。超音波は、セル端面の超音波送波器から間欠的に発信され、セル内を進行した後、受波器で受信される。このとき、CO₂-空気混合ガスにおけるCO₂濃度を C (%)、ガス温度を θ (℃)、セル長を L (mm)、超音波の中心周波数(送受波器の共振周波数)を f_c (Hz)、間欠的に発信する超音波の送信間隔を t_r (s)とする。

超音波は、セル内のCO₂-空気混合ガス中を進行することによって減衰する。このとき、受波器で受信される第1受信波のピーク音圧に対応する電圧を P_1 (V)とし、この値より減衰率を求めることとする。また、受信波の実効値(r.m.s.値)を P_{rms} (V)、受信波のパワースペクトルにおける発振周波数 f_c に対応した成分を P_c (V)とする。ただし、ガス濃度0%すなわち純空気に対する測定値については添字0を付けて区別する。

2.2 超音波の発信・受信および受信波の信号処理

測定装置の概観写真を図2に、ブロック線図を図3に示す。実験には、発振周波数の異なる3種類の変換器、Massa Products製モデルE-152/40($f_c=40$ kHz)、Massa Products製モデルE-188/215($f_c=215$ kHz)、キーエンス製モデルUD-1130($f_c=500$ kHz)を送受波器として用いた。これらの特性を表1に示す。このとき、発振回路およびトリガー回路などによって、矩形波が5波形連続して送波器に送信される。ただし、セル内部の発信波と反射波との干渉で生ずる定在波の発生を極力防止するため、送信間隔 t_r は約200 μ sから100 ms程度まであらかじめ調整できるように考慮した。各送受波器に対する t_r は、それぞれ33 ms($f_c=40$ kHz)、6 ms($f_c=215$ kHz)および5 ms($f_c=500$ kHz)に設定した。

送波器から発信された超音波は、ガスセル内を進行したのち受

図1 超音波およびガス検出セルの模式図と主な記号の定義

図2 測定装置の概観写真

図3 測定装置のブロック線図

表1 各周波数の超音波送受波器の特性

周波数 f_c (kHz)	広がり角 ($^{\circ}$)	受信感度 (mV/ μ bar)	送受波面の直径 (mm)
40	75	1.4	11
215	10	0.14	12.5
500	5	—	19.5

波器で受信され、再度交流電圧に変換される。その後1 kHzのハイパスフィルタ(NF製、モデルDV-5BL-DC, 20 dB/oct.)によって低周波雑音成分をカットし、交流アンプで100倍に増幅する。さらに、ピーク検波器(トリガー電子製、モデルCM-200, 0.7 kHz～10 MHz, 1 dB down)によって音圧のピーク値を検出し、40 Hzのローパスフィルタ(NF製、モデルDV-3BH, 30 dB/oct.)によって低周波揺動成分を除去した後、デジタルボルト計でピーク音圧に比例した電圧を測定する。また、交流アンプで増幅された受信波をFFTアナライザ(横河電機製、モデル3656)へ導き、 P_{rms} と P_c を同時に測定する。このときのサンプリング時間およびサンプリング間隔をそれぞれ521 μ sおよび1 μ s(ナイキスト周波数0.5 MHz¹¹⁾)とした。さらに、発信波と受信波の時間差をユニバーサルカウンタ(HP製、モデル5315A, 最小分解能10 μ s)によって測定し、音速を算定した。

2.3 試料ガス

計測に用いた試料ガスは、空気をベースガスとしたCO₂-空気混合ガスである。試料ガスは、5段階式的气体分割器(エステック製、モデルSGD-XCO5L)を2台組み合わせることで、空気(純度99.5%)と炭酸ガス(純度99%)を12～15段階の安定した混合比率で供給した。なお、純空気中にもCO₂が含まれているが、そ

の混合割合が非常に小さいので、ここではこの濃度を0として扱う。各炭酸ガス濃度は、ガスセルから排出されたガスをサンプリングし、ガスクロマトグラフ（柳本製、モデルG 3800）によって校正した。なお試料ガスは、ウォーターバス中に設置したコイルを通過させることによって一定の温度に調整した後、同じくウォーターバス内で一定温度に保持されたガスセルに導びき、設定温度に対し±0.3℃の範囲で温度調整した。また、乾燥の場合と加湿された場合の相違を調べるため、混合ガスを水中放出させ加湿を行った。この加湿によって混合ガスの相対湿度は約93%となった。

3. CO₂-空気混合ガスの超音波減衰特性

3.1 音波減衰におけるセル長の影響

実証型ガスセルの長さを設定するため、CO₂-空気混合ガス中における基本的な超音波の減衰率を測定した。測定には、セル側壁の影響を比較的受けにくいと判断される内径 $D=26$ mmの亚克力製ガスセルを用い、セル長 L を30～150 mmまで変化させて行った。

セル長 L と第1受信波のピーク音圧 P_1 との関係の測定例を、濃度 C をパラメータとして図4に示した。この結果から、 $f_c=215$ kHzの場合、 $L=30\sim120$ mmおよび $C=0\sim60\%$ の領域で、 P_1 は L に対し指数的に減衰することがわかる。ただし、 L が120 mmを越えると P_1 の変化は一様となっていない。これは、セル内壁および端面等の干渉による影響が表れたためと考えられる。

3.2 音波減衰における発振周波数の影響

$D=26$ mm、 $L=100$ mmの亚克力製ガスセルを用いて、各 f_c （40, 215, 500 kHz）に対し、 C と P_1 の関係を測定した結果を図5に示す。なお、 P_1/P_0 が0.05以下に減衰した場合には、雑音成分の影響が大きかったことから、実験値として採用しなかった。

$C=0\sim50\%$ の領域では、 $f_c=215$ kHzにおける P_1 の減衰が最も大きいことがわかる。 $f_c=40$ kHzおよび500 kHzの場合、 P_1 の減衰傾向が $f_c=215$ kHzの場合に比較し多少異なっているようにみえる。

3.3 CO₂および空気に対する減衰率

表2に、 $f_c=215$ kHz、 $D=26$ mm、 $L=30\sim90$ mmにおいてガスセルによる測定値から算定した純CO₂および純空気に対する単位長さ当たりの減衰率 α （dB/m）と音速 V （m/s）の値を示す。また、メタン、エタン、エチレンおよびアセチレンの各ガスについても減衰率 α と音速 V を比較のため示す。ただし、減衰率 α は次式で定義される。

図4 ガス検出セルの長さ L に対するピーク音圧 P_1 の変化

図5 超音波の周波数 f_c に対するガス濃度 C とピーク音圧 P_1 の関係の相違

表2 各ガスおよび空気中の超音波の減衰率 α および音速 V （ $f_c=215$ kHz、 $\theta=20^\circ\text{C}$ 、 $D=26$ mm、 $L=30\sim90$ mm）

ガス	減衰率 α (dB/m)		音速 V (m/s)	
	実測値	古典理論値	実測値	古典理論値
Air	108	5.4	343	343
CO ₂	520	5.1	272	269
CH ₄	233	2.6	452	446
C ₂ H ₆	58	3.1	318	314
C ₂ H ₄	405	3.2	327	326
C ₂ H ₂	173	3.2	340	339

$$\alpha = -20 \cdot \log(P_{1A}/P_{1B}) / (L_A - L_B) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 P_{1A} および P_{1B} は、それぞれセル長 L_A およびセル長 L_B のときのピーク音圧値を表す。また、表2には古典理論⁵⁾から求めた減衰率 α と音速 V ⁶⁾を参考のため示した（ただし、物理定数は文献⁷⁾より引用した）。表からわかるように、減衰率 α の実測値は古典理論値に比較し、空気の場合約20倍、CO₂の場合約100倍の値を示している。とくに炭酸ガスの減衰率は古典理論値と大きく相違している。またCO₂の α （実測値）は空気の場合の約4.8倍であることから、CO₂の混合によって超音波の減衰が格段に大きくなる。また、表2に示したようなガス種が共存した場合には、混合ガスの減衰率は、CO₂、空気および他の共存ガスの減衰率に分圧比をかけ総和した値となるものと推測される。

音波の減衰に関する古典理論では、媒質の粘性と熱伝導により音波エネルギーが熱エネルギーとして媒質自身に吸収される場合を想定している。したがって、周波数の高い音波ほど粘性の影響を受け易く、結果的に減衰率は周波数の2乗に比例して大きくなると予測されている。

これに対し、 α の実測値は、古典理論値とはかなり異なった値となっている。現在のところ、超音波減衰の完全な理論的解明は、著者等の知見の限りではなされていないが、超音波のエネルギーが粘性の他に分子内の振動に吸収されるとする分子内振動説や、分子結合の解離エネルギーとして使われるとする結合解離説などが提唱されている⁸⁾⁹⁾。

3.4 CO₂濃度とピーク音圧の関係式

$f_c=215$ kHz、 $D=26$ mm、 $L=30\sim90$ mmの場合の、CO₂濃度 C と減衰率 α の関係を図6に示す。これより、減衰率 α は濃度 C に対し線形的に変化していることから、

図6 ガス濃度 C と単位長さ当たりの減衰率 α の関係表3 各周波数における β の比較 ($D=26\text{mm}$, $\theta=20^\circ$)

f_c	500 kHz	215 kHz	40 kHz
乾燥混合ガス	213	532	145
加湿混合ガス	576	163	77.4

(単位 dB/m)

$$\alpha = \alpha_0 + \beta C / 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

と表すことができる。ここで、 β (dB/m) は CO_2 濃度 C に関する比例定数、 α_0 (dB/m) は純空気の単位長さ当たりの減衰率である。表3には、三つの周波数に対する β の実測値を乾燥ガスおよび加湿ガスについて示す。 $f_c = 500\text{kHz}$ の場合、乾燥ガスの β が加湿ガスの場合よりも大きいのにに対し、40 kHz および 215 kHz では、その大小関係が逆となっている。すなわち、加湿による影響は、周波数によって異なることが考えられるが、この理由は不明である。

減衰率 α がセル長 L によらずほぼ一定であることから、 P_1 は $\exp(-\alpha L)$ に比例し、 CO_2 濃度 C とピーク音圧 P_1 との関係は次式で表される。

$$\left. \begin{aligned} P_1(C) &= \exp(-(\alpha_0^* + \beta^* C / 100) \cdot L) \\ P_{10} &= P_1(0) = \exp(-\alpha_0^* \cdot L) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで β^* (neper/m) $= 0.115 \cdot \beta$ および α_0^* (neper/m) $= 0.115 \cdot \alpha_0$ である。したがって、 P_1/P_{10} は次式となる。

$$P_1/P_{10} = \exp(-\beta^* \cdot L \cdot C / 100) \quad \dots\dots\dots (4)$$

上式からわかるように、セル長 L が大きいほど減衰割合が大きいため、 L が大きいセルを用いた場合には低濃度領域での減衰割合が大きくなることを示している。

4. 実証型ガスセルを用いたガス濃度モニターの構成

4.1 実証型ガスセルの構成

前節に示した基礎的な超音波減衰特性の測定結果に基づき、図7に示すセル長 L が 70 mm および 40 mm である二つの実証型ガス検出セルを試作した。図8に $L = 70\text{mm}$ のセル外観写真を示す。セルの材質はともに真鍮であり、二つのガスセルの内容積はそれぞれ約 $1,000\text{mm}^3$ および 620mm^3 である。ガスセルに組み込んだ超音波送受波器は、最も大きい減衰率を示した $f_c = 215\text{kHz}$ のものを採用した。ここで、セル内へのガス供給量が約 $1,000\text{mm}^3/\text{s}$ 以上のとき、供給ガス濃度の変化に伴うガスセル内の濃度変化の

図7 実証型ガス検出セルの構造

図8 実証型ガスセルの外観写真

図9 実証型ガスセルによる測定波形とピーク検波出力の例

時定数はいずれも1秒以下と推定される。また、受信波のピーク音圧の測定精度を上げるため、セル内部における発信波と反射波との干渉による定在波の影響が少ない範囲で、超音波の送信間隔 t_r を $700\mu\text{s}$ と比較的短く設定した。この実証型ガスセルによる測定波形およびピーク検波器の出力例を図9に示す。

4.2 ピーク音圧と受信波の発振周波数成分の関係

CO_2 -空気混合ガス中で CO_2 濃度 C に対する受信波のピーク音圧 P_1 およびそのパワースペクトルにおける発振周波数成分 P_c との関係を図10に示す。これより、各 CO_2 濃度における P_1 は、ほぼ P_c と一致している。したがって、 P_1 を測定することで、ほぼ P_c をモニターできることを示している。また、受信波の実効値 P_{rms} も参考のため図10に示してある。 P_{rms} は、 P_1 あるいは P_c よりも減衰割合が小さい。これは、発振周波数成分 f_c 以外の周波数成分がセル内壁面の干渉および反射等によって生じ、これが P_{rms} の値として表れているためと考えられる。以上の結果から、実用的なシステムとしては、パワースペクトルによる測定とほぼ同一の値を示す第1受信波のピーク音圧値を利用する方式が最も妥当と考えられる。

4.3 実証型ガスセルを用いた測定結果

CO_2 -空気混合ガスにおける濃度 C と、第1受信波のピーク音圧 P_1 との関係について、 $f_c = 215\text{kHz}$ の超音波送受波器を用い、 $L = 70\text{mm}$ および 40mm のセルによって測定した結果を図11に

図10 実証型ガス検出セルを用いて測定した、受信波のピーク音圧 P_1 、実効値 P_{rms} およびパワースペクトルにおける発振周波数成分 P_c の比較

まとめて示す。これより、CO₂-空気混合ガスの超音波減衰特性は、セル長によらず同様の傾向を示すことがわかる。とくに P_1 は、 $C=0\sim 20\%$ の領域で著しく変化していることがわかる。また、図中には、比較のため $D=26\text{ mm}$ のセルで測定した基礎特性(表3)を式(4)に代入して求めた結果を点線を用いて示した。 $D=26\text{ mm}$ の場合に比較して実証型セル($D=4\text{ mm}$)の場合の方が減衰率が大きく、セル内径 D が小さいほど減衰率 α が大きくなることが考えられる。

4・4 温度の影響

超音波の減衰におけるガス温度 θ の影響について、実証型セル($L=40\text{ mm}$, $f_c=215\text{ kHz}$)を用いて、温度 θ と $P_{10}(\theta)$ および濃度 C と $P_1(\theta)/P_{10}(\theta)$ との関係を測定した一例を図12および13に示す。 P_{10} は温度の上昇とともに減少する傾向を持つが、 P_1/P_{10} は θ によらずほぼ同一の減衰曲線を持っていることがわかる。すなわち、 θ を一定に保持するか、同一温度に対する P_{10} を算定することができれば P_1/P_{10} から C を求めることができる。具体的には、ガスセルを等温に保つ方法、あるいは同じガスセルを二つ使用して一方を常時純空気とすることで P_1 および P_{10} を同時に測定する方法が考えられる。

図11 実証型ガス検出セルを用いて測定したガス濃度 C とピーク音圧 P_1 との関係

図12 温度 θ と P_{10} の関係

図13 ガス濃度 C とピーク音圧 P_1/P_{10} の関係における温度の影響

4・5 湿度の影響

湿度の影響について、実証型セル($L=70\text{ mm}$, $f_c=215\text{ kHz}$)を用いて測定した結果を図14に示す。また、温度の場合と同様に $D=26\text{ mm}$ のセルによる結果を点線を用いて図中に示した。図より、水蒸気がCO₂-空気混合ガスに含まれた場合、超音波の減衰を押える傾向がみられ、比較的湿度の影響が大きいと考えられる。したがって、ガスセルへのガス吸入ラインに何らかの脱湿部を設ける必要があるものと考えられる。

図14 ガス濃度 C とピーク音圧 P_1 の関係に及ぼす湿度の影響

5. 結 言

本報告では、CO₂-空気混合ガスについて、CO₂濃度に対する超音波（40 kHz, 215 kHz, 500 kHz）の基本的な減衰特性の変化を実験的に明らかにした。また、発振周波数215 kHzの超音波送受波器を組み込んだ実証的なガス検出セルを構成し、温度および湿度などに対する変化特性を調べ、ガス濃度モニターを構成する上での適用性を調べた。

本報告を要約すると以下の通りである。

a) 中心周波数が40, 215 および500 kHzの超音波に関し、CO₂-空気混合ガス中での減衰率が空気単体に比較し大きく、とくにCO₂濃度が0~20%の範囲における減衰率の変化が大きいことが明らかになった。ただし、3種の超音波の中で215 kHzの超音波が最も大きい減衰率を示したが、その原因は現在のところ不明である。

b) 温度が上昇するにつれ、CO₂-空気混合ガスにおける受信波のピーク音圧(P_1)は減少するが、空気単体でのピーク音圧(P_{10})を基準とした音圧の比(P_1/P_{10})は温度によらずほぼ一定である。このことから、CO₂による超音波の減衰効果自体は温度の影響をほとんど受けないことが明らかになった。

c) CO₂-空気混合ガス中に水蒸気が含まれる場合、超音波の減衰率が変化することから、精度の高いガス濃度モニターを構成するうえでガスセル直前の吸入ラインに脱湿器を設置することが望ましい。

d) セル内での反射波が定常波を構成することによる測定感度の低下を防止するため、受波面に傾斜を与えるかあるいはセル内

部に多孔質パイプのフィルタを挿入することで反射波を抑制することにより、CO₂の超音波減衰特性についてはガス濃度をより感度良く測定できるものと推測される。

なお、本実験を行うに当たり、500 kHzの超音波送受波器を貸与していただいたキーエンス(株)に謝意を表する。また、本研究の一部は文部省科学研究費(奨励研究(A))の補助を受けたことを付記する。

参 考 文 献

- 1) 千本・平山・山崎：音響式ガス分析計，横河技報，5，84-88 (1958)
- 2) 佐々木・宮腰・塚田・井野口：超音波の減衰を利用したガス濃度計測，第19回安全工学シンポジウム講演予稿集，159-162，(1989)
- 3) 佐々木・宮腰・今井・戸崎・井野口：赤外線レーザーおよび超音波によるメタンガス濃度の測定，安全工学，28[2]，95-101，(1989)
- 4) 佐々木・宮腰・今井：超音波の減衰・音速を利用したガス濃度計測，資源・素材学会平成3年度春季大会講演要旨集，231-232，(1991)
- 5) 小橋 豊：音と音波，75-78および132-134，(1989)，裳華房
- 6) Foley, A. L.: International Critical Tables(VI), 462-463, (1931), McGraw-Hill Book Company
- 7) 伝熱工学資料，328~330，(1986) 日本機械学会
- 8) 実吉・菊池・能本：超音波技術便覧，866~900 および 1419-1426，(1989)，日本工業新聞社
- 9) Bauer, H. J.: Phenomenological Theory of the Relaxation Phenomena in Gases, Physical Acoustics II-A Ed. Mason, W. P., 48-131, (1964), Academic Press
- 10) 三井田淳郎：音響工学，35-36，(1987)，昭晃堂
- 11) 日野幹雄：スペクトル解析，154-236，(1977)，朝倉書店

■スラリー輸送研究会主催の講演会，セミナーの資料をお頒けします。以下にご紹介する2冊とも，3,000円(税込み，送料別)です。ご希望の方は，本会気付スラリー輸送研究会宛ハガキまたはFAXでお申込み下さい。

研究講演会

「流動層における混相流動」

—混相流の応用技術とシミュレーション—

1992年11月4日

於：住友金属工業(株) 東京本社会議室

共催：(社)資源・素材学会 関東支部

協賛：(社)化学工学会 (社)粉体工学会

(社)日本鉄鋼協会・(社)日本廃棄物学会

目 次

固気混相流内局所流動特性に関する計測技術

工業技術院資源環境技術総合研究所 幡野博之

溶融還元製鉄法における予備還元流動層の研究

NKK エンジニアリング研究所 磯崎進市

総合材料技術研究所 有山達郎

シャフト炉のダストに起因する棚吊り機構

住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所 山岡秀行

粒子流シミュレーション

大阪大学工学部 辻 裕

「パイプラインシステムの
高度情報管理手法」

—マッピングシステムに関するセミナー—

1992年11月27日

於：川崎製鉄(株) 東京本社大会議室

協賛：(社)土木学会・(社)日本ガス協会

(社)日本水道協会・(社)配管技術研究協会

目 次

21世紀のインフラストラクチャとしての地理情報システム

慶応義塾大学環境情報学部 久保幸夫

地下埋設物管理のためのコンピュータ・マッピングシステム

東京ガス(株)情報システム部マッピングセンター 東明佐久良

マッピングシステムの上下水道分野への応用

(株)日立製作所 大みか工場 依田幹雄

ライフライン地震防災分野でのGIS利用

川崎製鉄(株)鋼構造研究所 小池 武

〃 今井俊雄