

高速道路における  
天然ガスパイプライン設置に関する  
技術的課題検討委員会  
(第1回)

検討すべき技術課題  
(ガス高圧導管の要求性能)

# 1 天然ガスパイプラインとは

## ■天然ガスパイプラインの定義と最終消費地までの天然ガスの流れ

- 天然ガスパイプラインは、天然ガスを輸送するために地上、地下、海底面、海底面下に設置される鋼管パイプを連続的に接合したシステムと定義される。
- 我が国に輸入される天然ガスはLNG（液化天然ガス）としてタンカーで運ばれ、LNG受入基地に貯蔵される。LNGはここで再ガス化され、高圧導管によって各地域のガバナーステーション（整圧器）に送られる。
- ガバナーステーションでは、減圧されたガスは中圧導管によって各都市へ送られる。工業用などの大口需要家には、この中圧導管から直接、供給する。
- 中圧導管で運ばれたガスは各地区の整圧器で減圧・分岐され、低圧導管によって商店・家庭など個別の需要家に供給される。

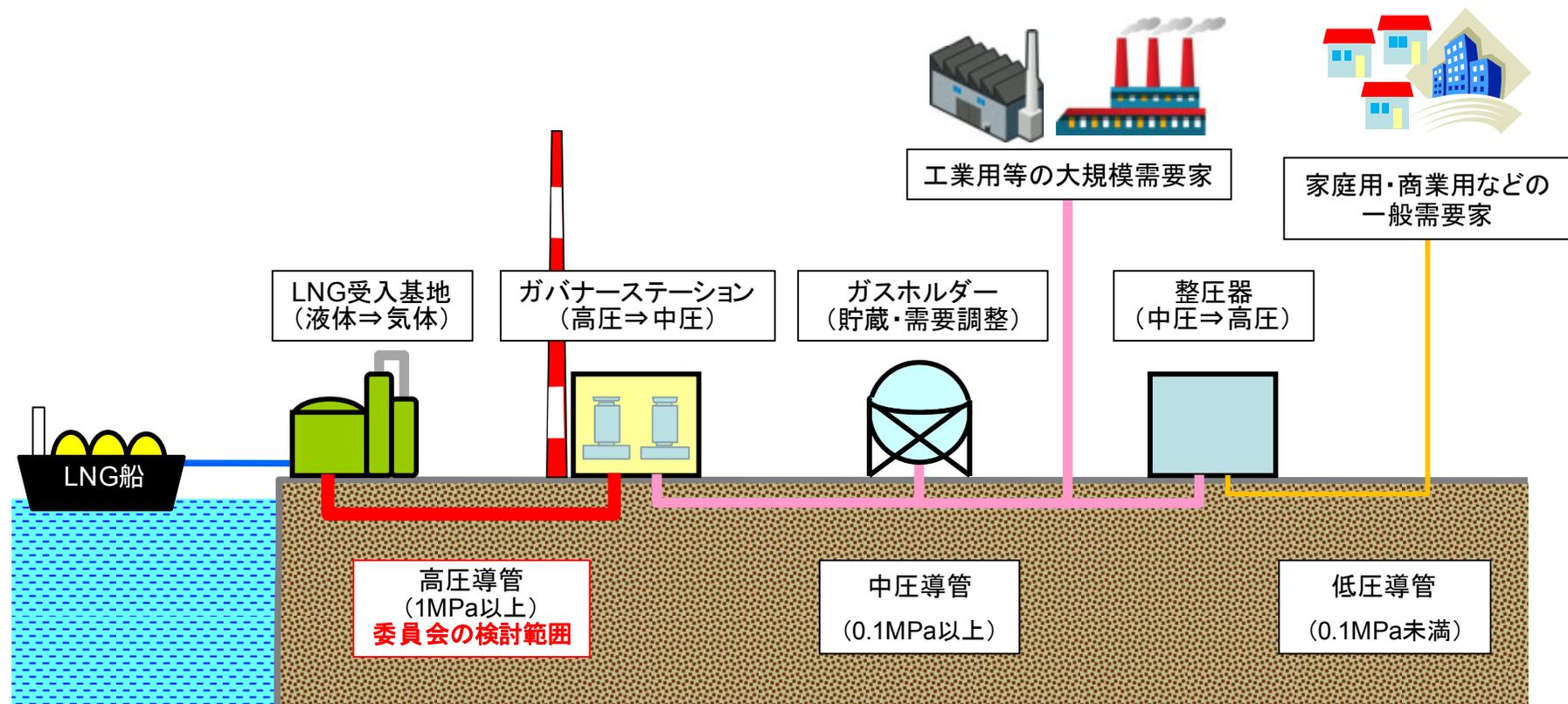


図1. 天然ガスの受入からパイプライン輸送による最終消費地までの概念図

## 2 ガス高圧導管の構造設計における要求性能

- 一般社団法人日本ガス協会「高圧導管指針（2014）」が、現在のガス高圧導管の設計等の基本となっている。（高速道路への設置如何については言及されていない。）基本的考え方は、「高圧導管の構造は、高圧導管に加わる諸荷重に対して、適切な構造とするとともに、設置された状況に応じて想定される荷重に対して求められる性能要件を満足するように設計する。」である。
- 高圧導管の構造の種別は「一般構造」と「特殊構造」の2つに大別される。

○一般構造設計・・・高圧導管のうち、平らな原地盤中に埋設されているものであって、「高圧導管指針」で定める内圧、土圧及び路面荷重による土圧に基づく管厚計算以外に、応力計算が不要な範囲における構造設計

○特殊構造設計・・・高圧導管のうち、一般構造設計以外の範囲における構造設計

表1. 想定される荷重に対して求められる性能要件

想定される荷重		求められる性能要件		
荷重	主荷重	内圧 土圧 路面荷重による土圧 自重	発生応力は弾性範囲内である	
		風力 雪 温度変化 地震		
	従荷重	地震の影響	レベル1地震動	被害がなく、修理することなく運転に支障がない
			レベル2地震動	変形は生じるが、漏えいは生じない
液状化				

高圧導管の埋設深さについては、道路法施行令で1.2m以上と規定されている(図2)が、国土交通省通達により、「2MPa以上の高圧導管で、舗装されている車道下に埋設する場合は、当該舗装部分の路盤の下に埋設し、管の外面と路盤の最下部との距離は0.5m以下としてはならない。」と緩和されている。

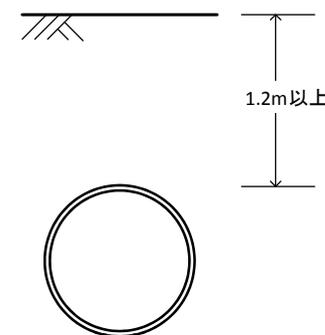


図2. 高圧導管を道路に埋設する場合の規定

# 【参考資料】

表 2. 敷設形態に基づく分類ごとの考慮する荷重の種類

敷設形態		主荷重	従荷重				
			地震以外の影響	地震の影響			
				レベル1地震動	レベル2地震動	液状化	
一般構造設計		○	—	●	●	●	
特殊構造設計	架管	○	○	○	○	△	
	空洞内配管	伏越配管	○	○	○	△	△
		共同溝内配管	○	○	○	△	△
		大規模特殊部内配管 (シールド・山岳トンネル内等)	○	○	○	△	△

○：応力による評価を行う。ただし、架管のレベル2地震動はひずみ評価を行う。

●：主荷重とは別に検討を行う。レベル2地震動において、長柱座屈の恐れがある場合は、「長柱座屈防止のための耐震設計指針」（2013）に従って検討を行う。

△：レベル2地震動や液状化の影響が架管や空洞内配管に及ぶような配管系の場合には、検討を行う。

表 3. 地震の影響に対する構造設計の方法

敷設形態		地震の影響	構造設計方法及び評価方法
一般構造設計		レベル1地震動	<ul style="list-style-type: none"> <li>主荷重に対する設計がなされた管を前提に、日本ガス協会「高圧ガス導管耐震設計指針」（2013）に従って検討する。</li> <li>管に発生するひずみを評価する。</li> </ul>
		レベル2地震動	
		液状化	<ul style="list-style-type: none"> <li>主荷重に対する設計がなされた管を前提に、日本ガス協会「高圧ガス導管液状化耐震設計指針」（2001）に従って検討する。</li> <li>管に発生する変位を評価する。</li> </ul>
特殊構造設計	架管 空洞内配管	レベル1地震動	<ul style="list-style-type: none"> <li>「道路橋示方書」に準拠して設計震度を設定し、主荷重と地震荷重との組み合わせにより、震度法に基づく評価を行う。</li> <li>管に発生する応力を評価する。</li> </ul>
	架管	レベル2地震動	<ul style="list-style-type: none"> <li>「道路橋示方書」に準拠して設計震度を設定し、主荷重に対する設計がなされた管を前提に、震度法に基づく評価を行う。</li> <li>管に発生するひずみを評価する。</li> </ul>

(1) 一般構造設計

■基本的考え方：高圧導管に加わる諸荷重によって生じる応力、ひずみ、変位が許容値を超えないように管厚でなければならない。許容値は、定めたJIS規定、ISO3183 (API 5L) に従う。

■一般構造設計における荷重の種類：構造設計に最低考慮する荷重は以下のものとする。

- ①内圧 (=最高使用圧力とする)
- ②土圧 (=0.001×土の単位体積重量×管の埋設深さ)
- ③路面荷重による土圧 (=ブシネスク式に基づく)

■一般構造設計における設計

- ①高圧導管の管厚の算定式3種より適切な値を選定する。
- ②レジューサ部分の厚さは、定めた算定式より算出する。
- ③えび曲げ管部分の厚さは、定めた算定式より算出する。

(2) 特殊構造設計 (伏越、架管、共同溝内、シールド・山岳トンネル内等の大規模特殊部内)

■基本的考え方：高圧導管に加わる諸荷重によって生じる応力、ひずみ、変位が許容値を超えないように管厚でなければならない。

■特殊構造設計における検討範囲：両端の固定端 (構造上、固定端がない場合は、土中の仮想固定点) までとする。

■特殊構造設計における荷重の種類：構造設計に際して以下の荷重を考慮する。

表 4. 特殊構造設計における荷重の種類

荷重の種類		架管	空洞内配管		
			伏越配管	共同溝内配管	大規模特殊部内配管 (シールド・山岳トンネル内等)
主 荷 重	内圧	○	○	○	○
	自重	○	○	○	○
	土圧	○※1	○※1	○※1	○※1
	路面荷重	○※1	○※1	○※1	○※1
従 荷 重	風荷重	○	—	—	—
	雪荷重	○	—	—	—
	温度変化の影響	○	○※2	○	○※2
	地震の影響	○	○	○	○

※1：検討範囲の直接埋設部分について考慮する。

※2：外気温の影響を受ける場合は共同溝に準じる。

■特殊構造設計における応力・ひずみ：特殊構造設計に際して、円周方向応力、軸方向応力及び合成応力を考慮する。架管のレベル2地震動による地震の影響では、円周方向ひずみ及び軸方向ひずみを考慮する。

■特殊構造設計における許容応力・許容ひずみ

①主荷重によって生じる高圧導管の円周方向及び軸方向の許容応力は、次式による。

許容応力＝長手継手の継手効率×規格最小降伏応力または耐力／安全率2.0

②従荷重を考慮した場合の円周方向応力及び軸方向応力の許容応力は、主荷重と従荷重の組合せにより、定める割増率を用いて、割り増しすることができる。

③主荷重及びそれぞれの一つの従荷重によって生じる合成応力の許容値は、規格最小降伏応力または耐力の90%とする。

④架管のレベル2地震動の影響を考慮した場合の許容ひずみは3%とする。

### ●過去の地震動における実績

#### 1. 兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）

震度7を観測した地点に高圧ガス導管は存在しなかったものの、震度7エリア内にある中圧ガス導管で裏波溶接法による溶接鋼管においては、被害がなかった。高圧ガス導管の材質等の仕様は、中圧ガス導管よりグレードが上であり、同じ裏波溶接法を用いているため、高圧ガス導管が同じ地区に埋設されていたとしても健全であったと結論づけている。

#### 2. 東日本大震災

震度7を観測した地点に高圧ガス導管は存在しなかったものの、震度6強の揺れに対して、被害がなかった。

### ●地震動に対する耐性評価

以上のことから、「高圧ガス導管」に関しては、想定される地震動に対して十分な耐性を有しており、重大な被害は発生せず、要求性能を満足するものと考えられる。

## ■ガス高圧導管の設計基準

- ・ガス事業法
- ・ガス事業法施行規則
- ・ガス工作物の技術上の基準を定める省令
- ・ガス工作物技術基準・同解釈例
- ・高圧導管指針<2000年より性能規定化> (2014)
- ・高圧ガス導管液状化耐震設計指針(2001)
- ・高圧ガス導管耐震設計指針 (2014)
- ・長柱座屈防止のための耐震設計指針 (2013)

## ■ガス高圧導管の材料と接合における要求性能

- (1) 基本的考え方：高圧導管、高圧配管及び高圧容器の主要材料及び接合方法は、使用条件、施工性、維持管理性等を考慮して選定する。
- (2) 材料：高圧導管、高圧配管及び高圧容器の主要材料は、最高使用温度及び最低使用温度において、材料に及ぼす化学的及び物理的影響に対し、最高使用圧力に依りて安全な機械的性質を有するものでなければならない。⇒定めたJIS規定に従う。
- (3) 接合
1. 基本的考え方：高圧導管、高圧配管及び高圧容器の接合は、材料の種類、供用中の荷重並びに最高使用温度及び最低使用温度における最高使用圧力に対し、適切な構造でなければならない。
  2. 溶接接合：設計上要求される強度以上の強度でなければならない。溶接方法及び溶接部の設計について、定めたJIS規定に従う。
  3. フランジ接合：設計上要求される強度を満足する構造でなければならない。フランジの規格及び形状について、定めたJIS規定に従う。
  4. 機械的接合：設計上要求される強度を満足する構造でなければならない。⇒定めた独自規定（構造4種、適用外径5種）に従う。
  5. 分岐方法：高圧導管、高圧配管及び高圧容器を分岐する場合は、設計上要求される強度を満足する構造でなければならない。管内ピグ走行の通過を考慮したスムーズティを使用することが望ましい。ノズル穴は「ガス工作物技術基準・同解釈例」に準じて補強する。

## ■天然ガスの輸送

- 天然ガスは、常温・常圧では期待であるため、生産地と需要地までの輸送には鋼管をつないだパイプラインを使うのが一般的である。このときガスは圧縮されたCNG（圧縮天然ガス）の状態となっている。
- 天然ガスの主成分であるメタンガスは、 $-162^{\circ}\text{C}$ まで下げると液化し、体積が約1/600になるので、この性質を利用してLNG（液化天然ガス）として、LNG船やLNGローリー車で輸送することもある。
- 天然ガスの輸送は、気体として運ぶか、液体として運ぶかのどちらか。輸送経路と輸送距離が大きく関係する。

## ■高圧導管の付帯設備について

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <p>1. 高圧整圧器等</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 高圧調整圧器</li> <li>• ガス遮断装置</li> <li>• 不純物除去装置</li> <li>• バイパス装置</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 圧力計</li> <li>• 圧力上昇防止装置</li> <li>• ガス加温装置</li> <li>• 消音器等</li> <li>• 保安装置（浸水防止、凍結防止、立ち入り防止、火災防止）</li> </ul> | <p>2. 付属設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ガス遮断装置</li> <li>• 圧力逃し装置</li> <li>• 衝撃防護</li> <li>• 防食措置</li> </ul> |
|--|--|---|

## ■高圧導管の口径と本数について

- 欧米での高圧導管の口径は16～56インチで、一般的には24～36インチである。ただし、欧米の場合は需要が増えれば、増設するという発想である。
- 我が国では、同じルートに複数条を、別工事で敷設するというよりは、長期の需要を見越して、最初から大きめの口径のパイプを敷設することが多い。
- ガス輸送量は口径の2.5乗に比例するので、たとえば、表5に示すように。30インチ・2条と40インチ・1条の輸送力はほぼ同じとなる。
- 費用効果の点では、大口径のパイプラインを敷設した方が有利である。
- 今回の検討において、数十万から100万kW級の天然ガス火力発電など大口需要家を想定した場合に、必要となる口径で、世界的にも実質的な最大口径である40インチ・1条の高圧導管を敷設を検討の対象とする。

**表5. 高圧導管の口径による輸送能力の比較**（1インチ=2.54センチ）

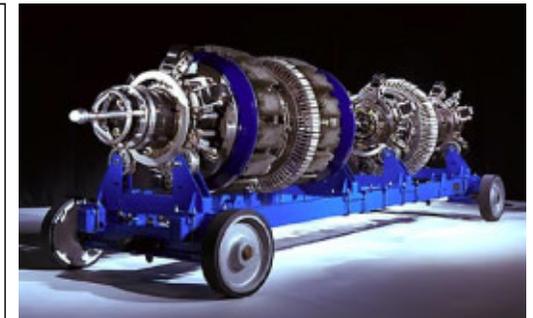
口径（インチ） [cm]	24 [60]	30 [75]	36 [90]	40 [100]
輸送能力 （それぞれ口径の基準 を100とした場合の 比較）	100	175	276	359
	57	100	157	205
	36	63	100	130
	28	49	77	100

## ■用語

- 高圧導管：ガスを輸送するためのパイプのこと。ガス圧は、1MPa以上。我が国では用いられている高圧導管の口径は直径24～30インチ（65～75cm）。このパイプからガバナステーションを通過して中圧導管、さらに地区ガバナで低圧導管へと運ばれて、需要家に届く。
- 中圧導管：高圧導管からガバナステーションで分岐し、各地区へ都市ガスを送るパイプのこと。ガス圧は0.1MPa以上。口径は10～75cm。
- 低圧導管：個別の需要家にガスを供給するパイプのこと。ガス圧は、0.1MPa未満。口径は5～30cm。
- ガバナステーション：高圧で送出されたガスを減圧して、中圧導管に送り出す施設のこと。
- 天然ガス：天然に産する化石燃料である炭化水素ガスで、一般に、メタン、続いてエタンといった軽い炭素化合物を多く含み、その他の炭素化合物も含む。
- 都市ガス：天然ガスを原料とし、一定の熱量を持つように調整したもので、本来は無色・無臭だが、ガス漏れ時にすぐに気が付くよう匂いがつけてある。
- LPガス（Liquefied Petroleum gas）：プロパン、ブタンを主成分に持つ液化石油ガスのこと。天然ガスから分離されるものと、石油の精製過程で分離されるものがあり、天然ガスに比べ熱量が大きい。
- 液化天然ガス（LNG：Liquefied Natural Gas）：天然ガスを $-161^{\circ}\text{C}$ に冷却・液化したもの。その体積は常温・常圧の気体に比べて約1/600に減少する。これを専用の冷凍タンカー（LNGタンカー）で海上輸送すれば、遠い消費地までも経済的に配給することができる。

## ■天然パイプラインの維持管理

- 敷設された天然ガスパイプラインの一番の課題は、凍結や腐食対策である。凍結対策として、輸送する前にガス中の水分を除き、腐食対策として、ポリエチレンコーティングや電気防食（外部より電流を連続的に与え、鋼管がイオン化するのを防ぐ）が施される。
- 24時間のテレメータ監視により、パイプラインを通るガスの流量、圧力はモニタリングされ、緊急時にはパイプライン沿線に設置された緊急遮断弁を遠隔操作によって、動作させる。
- 定期的な巡回管理の他に、地盤の不等沈下等によりパイプラインに発生する応力を把握するために定期的な測量の実施（沈下管理）や、電気防食が適正な状態にあるかを把握するために電位測定を実施（防食管理）などの保全管理を実施している。
- 検知機にガス漏洩検査（日本の場合は法定で14ヶ月に1回）、内面検査ピグによる腐食やパイプの異常の検査（概ね10年に1回）を実施している。



ガス輸送を止めることなくパイプライン配管の内側を自動走行し、外面、内面の腐食や損傷等を検知する検査機器。湾曲部や鉛直部でも走行可能で口径6～56インチまで対応可能。（イギリスPII社資料より）

図3. 内面検査ピグ

各 地 方 整 備 局 長  
北 海 道 開 発 局 長  
沖 縄 総 合 事 務 局 長  
道 路 関 係 四 公 団 の 長  
殿

国 土 交 通 省 道 路 局 長

高圧のガスの供給施設の道路占用の取扱いについて

高圧のガスを供給するためのガス導管を道路の地下に設ける場合の埋設の深さについては、道路法施行令の規定のほか、「高圧のガスの供給施設の道路占用の取扱いについて」（平成9年3月25日付け建設省道政発第43号建設省道路局長通達）により取扱いを定めており、圧力が2MPa以上の高圧ガスを供給するガス導管を市街地等の道路に埋設する場合は、その埋設の深さについて、1.8m以上とすることとされていたところであるが、平成14年3月に閣議決定された「規制改革3か年計画（改定）」において、幹線ガスパイプラインの埋設深度に関して、「2MPa以上の高圧で市街地の道路下に埋設する場合であっても、当該道路の舗装厚や他の埋設物との離隔距離等に係る一定の基準に照らし支障なき場合には、1.8mではなく1.2mで足りる」ことを技術的に検討すべき旨が盛り込まれた。

これを受けて、当局では、学識経験者等からなる「高圧ガスパイプライン浅層埋設技術検討委員会」を設置し、埋設の深さを浅層化することによる道路舗装構造及び埋設管への影響等について技術的な検討を行ったところ、2MPa以上の高圧のガスを供給するガス導管について、埋設の深さを1.2m（ただし路盤下面とガス管上面の離隔50cm以上を確保）としても支障がない旨の結論が得られた。

この結果を踏まえ、2MPa以上の高圧のガスを供給するためのガス導管を道路の地下に設ける場合の取扱いに関する留意事項を定めたので、今後は、ガス事業法（昭和29年法律第51号）等の関係法令及び下記事項を踏まえて、その運用に遺憾のないようにされ

記

1 留意事項等

高圧のガスの供給施設の道路占用の許可の審査に当たっては、道路法施行令の基準によるほか、下記の事項に留意すること。

(1) 占用の可否を判断するに当たって審査を要する事項

- ① ガスの供給施設の種類及び設置経路
- ② ガスの圧力、供給能力及び供給方法
- ③ ガスの供給施設の設置位置及び設置方法
- ④ ガスの供給施設の構造（特にガス導管については、その強度及び防食、接続等の方法）
- ⑤ ガス導管等の耐圧試験及び気密試験の方法
- ⑥ ガス漏洩検知装置、感震装置、緊急遮断装置等の保安施設及び消火施設の設置状況

- ⑦ ガスの漏洩防止及び放散の方法
- ⑧ 緊急時における緊急遮断装置等の作動方法
- ⑨ 緊急時における連絡通報設備の設置状況及び道路管理者等への連絡体制
- ⑩ 自衛消防組織等の保安管理体制の状況
- ⑪ その他保安対策上必要と認められる事項

(2) その他留意事項

- ① ガス導管は、やむを得ず橋に取り付ける場合等を除き、原則として地下に埋設すること。
- ② トンネル内又はトンネルの構造に影響を及ぼす範囲内及び崖崩れ、地滑り、液化化等により地盤が不安定な地域の道路並びに幅員が著しく狭い道路の占用は、可能な限り避けること。
- ③ ガス導管の本線をやむを得ず車道下に埋設する場合には、可能な限り歩道寄りの車道下に埋設すること。
- ④ ガス導管を道路に埋設する場合には、その埋設深度を1.2m以上とすること。ただし、舗装されている車道下に導管を埋設する場合は、当該舗装部分の路盤（しゃ断層がある場合は当該しゃ断層、以下同じ。）の下に埋設し、管の外面と路盤の最下部との距離は、0.5m以下としないこと。
- ⑤ 市街地又は人家連担地区（将来において市街化又は人家連担化が予想される地区を含む。）の道路にあつては、以下の事項に留意すること。
  - (ア) ガス導管の上部に鉄板を敷設する等の方法により、ガス導管を防護することとし、この場合の防護施設の頂部と路面との距離は、0.9m以下としないこと。
    - (イ) 人家等から3m以内に埋設されるガス導管については、コンクリートボックスへ収容し、又は鋼矢板を打設する等の方法により漏洩したガスが人家等の側へ拡散しないような措置を講じること。
  - ⑥ 内圧、土圧及び輪荷重に対するガス導管の安全性を確保できるように管厚を厚くし、又はコンクリートボックスへ導管を収容する等の方法により土圧及び輪荷重の影響を緩和できるような措置を講じること。
  - ⑦ 鉱業法及び鉱山保安法に基づくガスパイプラインの道路占用の取扱いについては、上記事項のほか、「ガスパイプライン技術指針暫定報告書」（平成6年3月鉱山保安技術検討委員会パイプライン保安技術部会）によること。

2 申請書の添付書類

道路占用許可申請書の添付書類について、次の点に留意して、手続の円滑に努めること。

- (1) 申請書の添付書類については、1(1)に規定する事項を記載した書類その他必要最小限のものとする。
- (2) 更新等の申請に当たり、当初申請時と変更のない物件については、当初申請時の図面を活用する等、申請者に必要以上の書類の提出を要求することのないようにすること。

3 その他

「高圧のガスの供給施設の道路占用の取扱いについて」（平成9年3月25日付け建設省道政発第43号道路局長通達）は廃止する。