

必要な換気量の算定について

現行基準における算定根拠

○ 現行の換気基準の算定根拠は、以下のとおりである。

$$\frac{Q}{V} = \frac{m \cdot R \cdot q}{v}$$

Q : 駐車場内のCOの体積 (m³)
 V : 駐車場の容積 (m³)
 m : 収容自動車台数 (台)
 R : エンジンをかけている自動車の割合
 q : 自動車のCO排出量 (m³/h・台)
 v : 換気による供給空気量 (m³/h)

ここで、 $Q/V = N$ (駐車場内のCO設定濃度)とおき、上式を変形すると、

$$\text{換気による供給空気量} : v = \frac{m \cdot R \cdot q}{N}$$

ここで、現行基準の算定にあたっては、各項目の値を

$$q(\text{自動車のCO排出量}) = 1(\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{台})$$

$$R(\text{エンジンをかけている自動車の割合}) = 0.07 (7\%)$$

$$N(\text{駐車場内のCO設定濃度}) = 100 \times 10^{-6} (100\text{ppm})$$

とした上で、以下のとおり、換気による供給空気量を1台あたり700m³/hと算定している。

$$v = \frac{m \cdot 0.07 \cdot 1}{100 \times 10^{-6}} = 700m[\text{m}^3/\text{h}]$$

⇒ 今般の検討にあたっては、①自動車のCO排出量、②エンジンをかけている自動車の割合及び③駐車場内のCO設定濃度の各項目の値について、改めて検証を行うこととする。

① 自動車のCO排出量

(基本的な考え方)

- 現行基準の算定にあたっては $1\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{台}$ としているが、環境性能の向上により、現行基準制定時と比較すると、自動車のCO排出量は減少しているものと考えられる。
- 本来であれば国内を走行している自動車の実測値よりCO排出量を求めることが理想であるが、現時点では、実測値についての十分なデータは存在しない。
- このため、道路運送車両法に基づく基準(道路運送車両の保安基準)によるCO排出量規制値をもとに、自動車のCO排出量を算定することとする。

① 自動車のCO排出量

- 道路運送車両の保安基準における各年度のCO排出量規制は以下のとおりであり、自動車の初度登録年度により適用される規制が異なる。
- コールドモード(冷間状態)では、エンジン及び燃料の完全燃焼を促す触媒が冷却され、排出ガスの浄化機能が低下している状態であることから、CO排出量の規制値は高くなっている一方、ホットモード(暖機状態)では、CO排出量の規制値は低くなっている。
- 駐車場での走行では、入庫時は暖機状態、出庫時は冷間状態であると考えられることから、駐車場における自動車のCO排出量については、ホットモードとコールドモードの規制値を按分して試算することとする。

各規制における乗用車のCO排出量の規制値(g/h・台)

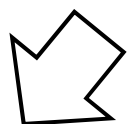
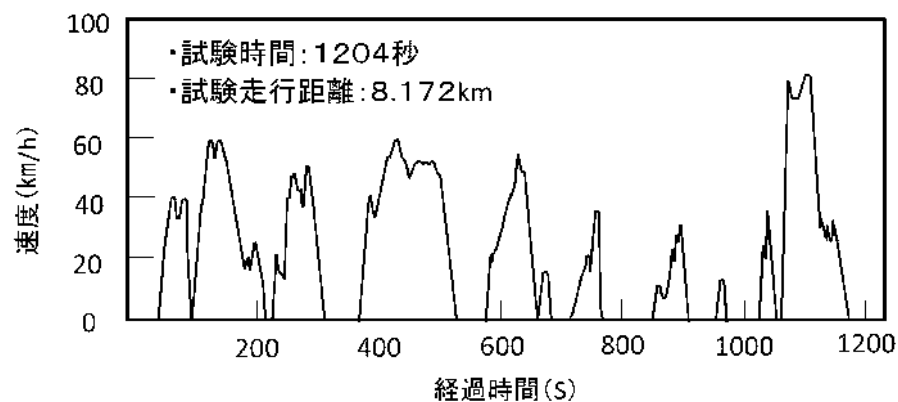
	S48規制	S50規制	S51規制	S53規制	H3試験モード	H12規制	H17規制	H20試験モード	H23試験モード
ホットモードにおける規制値	460.2	47.8	47.8	47.8	61.3	15.2	15.2	15.2	15.2
コールドモードにおける規制値	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	380	380	380	380
上数値より試算した自動車のCO排出量	1,080.1	873.9	873.9	873.9	880.7	197.6	197.6	197.6	197.6

※ 実際の規制値は、各規制により、単位がg/kmやg/testであったり、ホットモードとコールドモードを組み合わせたコンバインモードを採用している場合があるため、一定の仮定を置いて、g/hの数値を試算している。

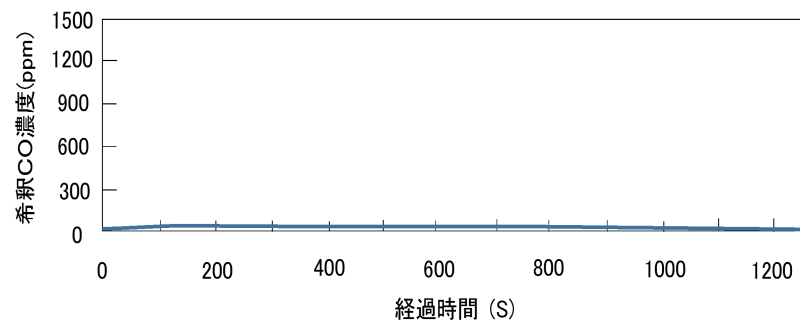
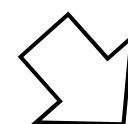
① 自動車のCO排出量

(参考)ホットモードとコールドモードにおけるCO排出量の実測値の例

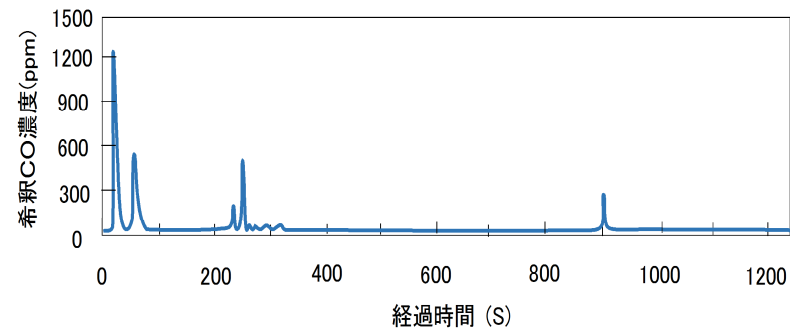
JC08モード



走行パターン



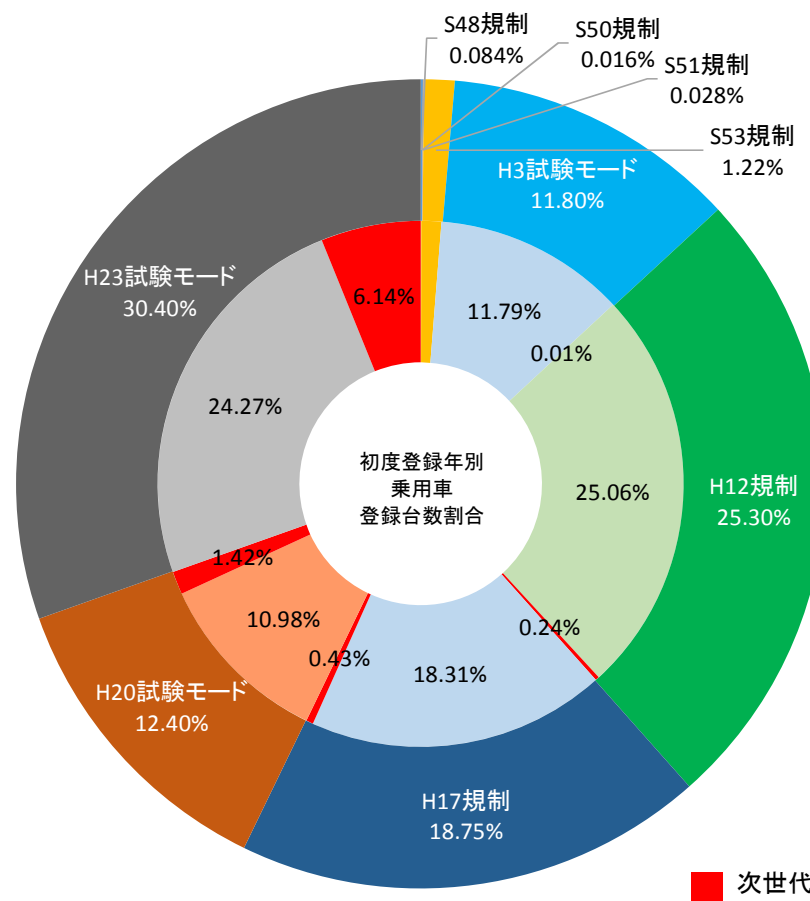
ホットモード



コールドモード

① 自動車のCO排出量

- 各規制対象別の自動車の登録台数の割合は下図のとおり(平成27年3月末現在)。
- なお、次世代自動車(ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、燃料電池車及び電気自動車)については、駐車場内の低速走行時には、エンジンが稼働しないもしくは稼働率が低いいため、COが排出されないものと考えられる。



① 自動車のCO排出量

○ 各規制におけるCO排出量について、自動車の登録台数の割合で加重平均して試算すると、自動車のCO排出量は271.14g/h・台となる。

	S48規制	S50規制	S51規制	S53規制	H3試験モード	H12規制	H17規制	H20試験モード	H23試験モード
自動車のCO排出量(q_k)	1,080.1	873.9	873.9	873.9	880.7	197.6	197.6	197.6	197.6
登録台数割合(全体)	0.084%	0.016%	0.028%	1.22%	11.80%	25.30%	18.75%	12.40%	30.40%
全体登録台数に占める次世代自動車の割合					0.01%	0.24%	0.43%	1.42%	6.14%
登録台数割合(次世代自動車割合控除後)(W_k)	0.084%	0.016%	0.028%	1.22%	11.79%	25.06%	18.31%	10.98%	24.27%

$$q \text{ [g/h・台]} = \sum (q_k \times W_k) = 271.14$$

q : 自動車のCO排出量
 q_k : 各規制における自動車のCO排出量
 W_k : 各規制の登録台数割合(次世代自動車割合控除後)

○ これを $m^3/h・台$ に換算(1気圧・25°C)すると、**0.24 $m^3/h・台$** となる。

$$q \text{ [m}^3 \text{/h・台]} = \frac{q \text{ [g/h・台]} \times 22.4 \times 298}{28.01 \times 1000 \times 273} = 0.24$$

1molあたりの気体体積(0°C・1気圧) : 22.4L
 COの分子量 : 28.01

⇒ 自動車のCO排出量については、**0.24 $m^3/h・台$** に見直してはどうか
 (現行基準の算定根拠(1 $m^3/h・台$)の1/4程度)

②エンジンをかけている自動車の割合

(基本的な考え方)

○ 現行基準の算定にあたっては**0.07(7%)**としているが、駐車場内でエンジンをかけている自動車の割合が当時と比べて大きく変化を及ぼすような要因は特段考えられない。

※ 過去の文献(「駐車場の計画と設計」(1967年))によれば、昭和29年3月の建築学会において、都心における自動車収容施設の研究報告の中で、自動車がエンジンをかけている割合は1時間を通じてピーク時で0.07とされていたようである。

○ このため、現在でも同様の結果が得られるか、改めて検証を行うこととする。

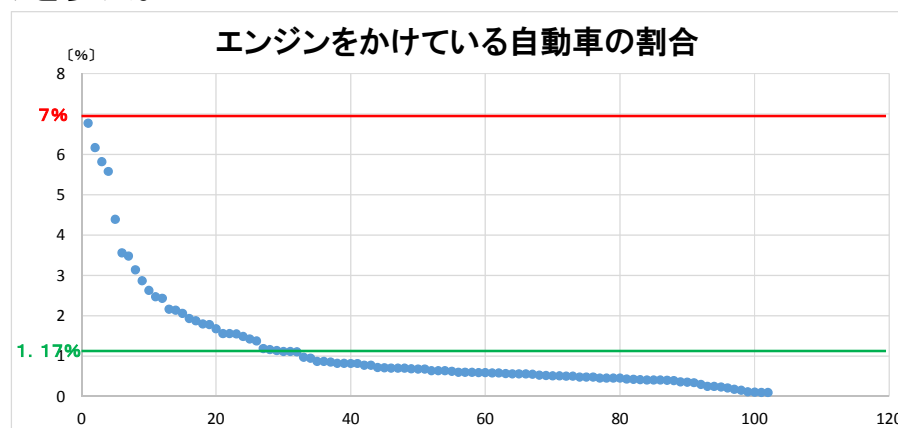
②エンジンをかけている自動車の割合

(試算の方法)

- エンジンをかけている自動車の割合は、1時間あたりで、
 - ① 自動車の入出庫の頻度(=駐車場回転率)がどの程度か
 - ② 入出庫に要する時間がどの程度かを設定することにより試算できる。

- 国土交通省において平成24年度から平成26年度にかけて実施した駐車場(101箇所)の利用実態調査に基づき試算すると、1日のうちピーク時の1時間において、エンジンをかけている自動車の割合は、**最大値0.0678(6.78%)**、**平均値0.0117(1.17%)**となった。

※ 各駐車場の駐車場回転率、入出庫に要する時間及びエンジンをかけている自動車の割合については、参考資料4(P9・P10)を参照。



⇒現行基準の算定根拠である**0.07(7%)**は妥当な水準であると考えられることから、これを維持してはどうか

③ 駐車場内のCO設定濃度

(基本的な考え方)

- 現行では指標物質を一酸化炭素(CO)とした上で、設定濃度を100ppmとしているところ。
- 今般の検討においては、
 - ① 指標物質を、引き続き一酸化炭素(CO)とすることの妥当性について、改めて検証を行うとともに、
 - ② 他法令等における規制値を参考に、設定濃度の検討を行うこととする。

③ 駐車場内のCO設定濃度

(指標物質について)

○ 自動車の排出ガスに含まれる主な有害物質は、一酸化炭素(CO)のほか、窒素酸化物(NO_x)、二酸化炭素(CO₂)、硫黄酸化物(SO_x)及び粒子状物質(PM)であり、駐車場内における自動車からの排出量(1気圧・25℃)はそれぞれ以下のとおりである。

一酸化炭素(CO)	窒素酸化物(NO ₂)	二酸化炭素(CO ₂)	硫黄酸化物(SO ₂)	粒子状物質(PM)
0.00416m ³ /min	0.000193m ³ /min	0.0250m ³ /min	0.00000011m ³ /min	0.00204g/min

※

- ・ 一酸化炭素(CO)、窒素酸化物(NO₂)及び粒子状物質(PM)については、道路運送車両法に基づく基準(道路運送車両の保安基準)による排出量規制値をもとに、ホットモードとコールドモードの規制値を按分して試算
- ・ 二酸化炭素(CO₂)については、「温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン」(環境省)における二酸化炭素排出係数をもとに試算
- ・ 硫黄酸化物(SO₂)については、「日本工業規格 JIS K 2202」に基づき試算

※ 炭化水素(HC)については、大気汚染に係わる指針として、光化学オキシダント(O_x)の生成防止のために設定された炭化水素濃度についての指針はあるものの、健康影響の観点からは未規制の物質である。
また、建築物である路外駐車場では直射日光がほとんど当たらないため、紫外線と反応して生成される光化学オキシダント(O_x)はほとんど発生しないと考えられる。
よって、本検討の対象物質から除外している。

③ 駐車場内のCO設定濃度

- 文献(「空気調和・衛生工学便覧」(空気調和・衛生工学会))によると、30分～1時間の曝露により、人体に危険な影響を与える濃度は以下のとおり。

一酸化炭素(CO)	窒素酸化物(NO ₂)	二酸化炭素(CO ₂)	硫黄酸化物(SO ₂)
1,500～2,000ppm	117～154ppm	50,000～67,000ppm	50～100ppm

※ 粒子状物質(PM)については、上記の文献には記述が無いため、ここでは比較の対象物資から除外しているが、別途の検証により、指標物質よりも安全側にあることを確認する。

- 自動車から排出される各物質について、上記の濃度まで希釈するために必要な換気量(1気圧・25°C)を算定すると以下のとおりとなり、一酸化炭素(CO)が最も危険側にある物質となる。

一酸化炭素(CO)	窒素酸化物(NO ₂)	二酸化炭素(CO ₂)	硫黄酸化物(SO ₂)
2.08～2.77m ³ /min	1.25～1.65m ³ /min	0.37～0.50m ³ /min	0.001～0.002m ³ /min

⇒ 指標物質を引き続き**一酸化炭素(CO)**とすることについては、一定の妥当性があると考えられる。

③ 駐車場内のCO設定濃度

(COの設定濃度について)

- 現行基準の算定にあたっては、CO設定濃度を**100ppm**としているが、人への曝露時間をどのように見込んで設定したかについての文献は見当たらない。
- 仮に、100ppmをピーク時1時間の平均値であると仮定すると、8時間の平均値では50ppm程度の濃度になると考えられる。
 - ※ 国土交通省において平成24年度から平成26年度にかけて実施した駐車場の利用実態調査によれば、1時間あたりのピーク時における駐車場回転率は、1日の営業時間(平均18.3時間)における1時間平均駐車場回転率の2.49倍であることから、8時間平均では約2倍になると推定される。
- 他法令をみると、自動車ターミナルや道路トンネルにおいて100ppmとの規定がある。一方、大気的环境基準としては、1日平均値が10ppm以下、8時間平均値が20ppm以下との基準が設けられている。居室においては、空気調和設備や機械換気設備を設けている場合は10ppm以下となっているが、外気が汚染されている場合等においては20ppm以下との基準が設けられている。
- 海外のガイドライン等においては、8時間平均値で25~50ppmとの基準を設けている例が見受けられる。

⇒ 換気装置の能力の決定にあたっては、ピーク時のCO濃度を**1時間**平均値**50ppm**以下とすることができる能力を要求してはどうか。(CO濃度を8時間平均値25ppm以下とすることができる能力と同等の水準)

※ 換気装置の運用にあたっては、**25ppm**以下を保つよう運用することを推奨してはどうか。

③ 駐車場内のCO設定濃度

(参考)他法令におけるCO規制値

法令名(通知名)	趣旨	CO濃度	備考	制定年
自動車ターミナルの位置、構造及び設備の基準を定める政令(昭和34年政令第320号)第13条	自動車ターミナルにおける基準	通常の状態において100ppm	基準値を超えるおそれがある場所には、基準値を保つことができる換気装置を設けなければならない	昭和34年(制定時)
建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行令(昭和45年政令第304号)第2条	空気調和設備又は機械換気設備を設けている場合に、居室において適合すべき基準	10ppm以下 (大気中がおおむね10ppmを超えるため、居室において10ppm以下になるように空気を浄化して供給することが困難である場合は20ppm以下)		昭和45年(制定時)
建築基準法施行令(昭和25年政令第338号)第129条の2の6	中央管理方式の空気調和設備を設けている場合に、居室において適合すべき基準	10ppm以下		昭和45年(一部改正)
地下駐車場における排出ガスによる障害の予防について(昭和46年3月18日労働省労働基準局長通知)	駐車場業務を行う場所における基準	1時間平均で50ppm以下		昭和46年
事務所衛生基準規則(昭和47年労働省令第43号)第3条	労働者を常時就業させる室における基準	50ppm以下		昭和47年(制定時)
事務所衛生基準規則(昭和47年労働省令第43号)第5条	空気調和設備又は機械換気設備で中央管理方式のものを設ける場合に、労働者を常時就業させる室に供給される空気の基準	10ppm以下 (外気が汚染されているために、10ppm以下の空気を供給することが困難な場合は20ppm以下)		昭和47年(制定時)
大気汚染に係る環境基準について(昭和48年5月8日環境庁告示第1号)別表	人の健康を保護するうえで維持することが望ましい基準(環境基準)	1日平均値が10ppm以下かつ 8時間平均値が20ppm以下	工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活していない地域または場所については適用しない	昭和48年(制定時)
道路トンネル技術基準(昭和49年11月29日建設省都市局長、道路局長通知)	換気施設の設計に用いる一酸化炭素の目標濃度	100ppm	トンネル内の滞在時間を30分程度として設定したとされている(同基準解説)	昭和49年

○ 想定される滞在時間の違いにより、異なったCO規制値が設定されている。

③ 駐車場内のCO設定濃度

(参考)海外における駐車場のCO濃度の基準値

国名	基準値		出典
カナダ (オンタリオ州)	1日8時間かつ週40時間の勤務時間において、平均25ppm以下とし、労働者の一酸化炭素の暴露を制限するよう駐車場換気を行う。また、短期曝露(15分間以内)では100ppmを超えてはならない。一般的な排気システムが使われる所では、全体エリアに均一な交替空気を提供できるよう換気を設計されなければならない。	指針	「駐車場換気/技術仕様 5-07」 (オンタリオ州労働省)
フィンランド	空気の汚染物質の濃度が規定値を超過した場合は最大の換気が実施されなければならない(例をあげると、一酸化炭素の濃度が50ppmに達した場合)。	指針	「フィンランドの建築基準」 (環境省)
フランス	駐車場の各区画での一酸化炭素の濃度の上限は下記の通りである。(外で抽出されたサンプルの一酸化炭素の数値にかかわらず、これらの数値に従わなければならない。) ・どの期間でも連続的な8時間で計算された平均含有値が1分あたり50ppmを超えてはならない。 ・どの期間でも20分間での平均含有値は100ppmを超えてはならない。 ・瞬時の分量で200ppmを超えてはならない。	指針	「覆われた駐車場に関する通達」 (エコロジー・持続可能開発・エネルギー省)
オランダ	最大濃度の規定値は、30分間で120ppm、かつ8時間で25ppm。	業界基準	産業基準 (オランダ規格協会)
韓国	路外駐車場の内部空間の一酸化炭素濃度は、駐車場を利用する車両が最も頻繁な時刻の前後8時間の平均値が50ppm以下(「多衆利用施設などの室内空気質管理法」第3条第1項第9号の規定による室内駐車場は25ppm以下)に維持しなければならない。	義務	「駐車場法施行規則」 (国土交通部)
英国	8時間平均30ppm以下、出入り口などの濃度の高い場所では90ppm超が15分間を超えてはならない。	指針	「イングランド及びウエールズにおける建築規則に基づく承認基準書」
米国 (カリフォルニア州)	全てのセンサー一部で常時25ppm以下に維持しなければならない。	義務	「カリフォルニア ビルエネルギー効率基準」 (カリフォルニア エネルギー委員会)

③ 駐車場内のCO設定濃度

(参考) 一酸化炭素(CO)が人体に与える影響

○ 一酸化炭素(CO)への曝露により、血中一酸化炭素ヘモグロビン濃度が高まると、以下のような症状が表れるとされている。

一酸化炭素の曝露による健康に対する影響

WHO (世界保健機関)
環境保健クライテリア 一酸化炭素 1999年

○ 一酸化炭素への曝露の影響

血中一酸化炭素ヘモグロビンの濃度が5.0%から、健康な若い成人の酸素摂取量の減少と最大運動条件下での作業能力を低下させる結果が明らかに見られ、いくつかの研究では、2.3%から4.3%と低い一酸化炭素ヘモグロビン濃度で作業能力の減少を観察した。

これらの影響は、十分に高い一酸化炭素曝露の状況下での、特定の物理的に厳しい職業やレクリエーション活動において起こりうることから、一般集団の健康に影響すると言える。

10~30%の高い一酸化炭素ヘモグロビン飽和で、一酸化炭素中毒の神経学的徴候、頭痛、めまい、吐き気、混乱、見当識障害や視覚障害のような19の症状が発生する可能性がある。30~50%の一酸化炭素ヘモグロビンの生成で、労作性呼吸困難、脈拍と呼吸数の増加、めまいが観測された。

一酸化炭素ヘモグロビン濃度が50%に達すると、痙攣、心肺停止に発展する可能性がある。

③ 駐車場内のCO設定濃度

○ 一酸化炭素(CO)の濃度及び曝露時間と人体への影響の関係は以下のとおりである。

(参考)CO濃度と曝露時間の関係

	WHO (世界保健機構) 血中一酸化炭素ヘモグロビン濃度2.5% ※軽めもしくは適度な運動に従事する通常の被験者 において作業能力が減少	参考文献 (『一酸化炭素の環境基準』の解説と達成への方向) 血中一酸化炭素ヘモグロビン濃度2.0% ※時間識別能力が低下
9 ppm / 10 ppm	8 時間	24 時間
26 ppm	1 時間	—
52 ppm / 55 ppm	30 分	1 時間
87 ppm	15 分	—

○ このため、駐車場のピーク時において、50ppmの一酸化炭素(CO)を曝露した場合であっても、通常の状態であれば1時間以内、軽めもしくは適度な運動に従事する場合でも30分以内であれば、血中一酸化炭素ヘモグロビン濃度は2.0~2.5%に抑えられると考えられる。

○ 駐車場における一般的な利用者の滞在時間は短く、建築物に設置される大規模な路外駐車場においてゆっくりとした利用形態であっても、滞在時間は最長30分程度と考えられる。

必要な換気量(案)

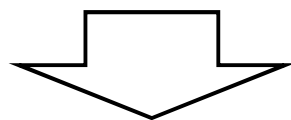
(現行)

$$q(\text{自動車のCO排出量}) = 1(\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{台})$$

$$R(\text{エンジンをかけている自動車の割合}) = 0.07(7\%)$$

$$N(\text{駐車場内のCO設定濃度}) = 100 \times 10^{-6} (100\text{ppm})$$

$$V = \frac{m \cdot 0.07 \cdot 1}{100 \times 10^{-6}} = 700m[\text{m}^3/\text{h}]$$



(見直し案)

$$q(\text{自動車のCO排出量}) = 0.24(\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{台})$$

$$R(\text{エンジンをかけている自動車の割合}) = 0.07(7\%)$$

$$N(\text{駐車場内のCO設定濃度}) = 50 \times 10^{-6} (50\text{ppm})^*$$

※ 換気装置の運用にあたっては、25ppm以下を保つよう運用することを推奨

$$V = \frac{m \cdot 0.07 \cdot 0.24}{50 \times 10^{-6}} \doteq 340m[\text{m}^3/\text{h}]$$

- 換気による供給空気量の算定における各項目の値について、今回の見直しにより案として示している値を採用すると、必要な供給空気量は駐車台数1台あたり340m³/h(現行基準の算定根拠の約半分)となる。