

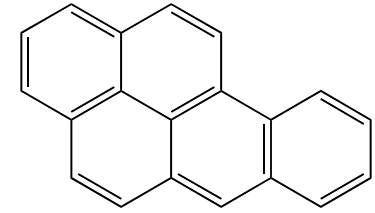
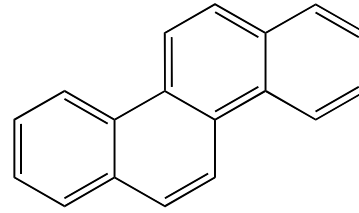
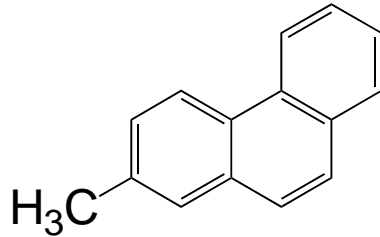
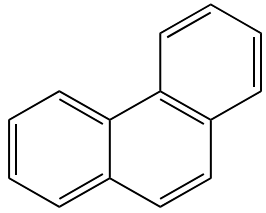
アジアにおける多環芳香族炭化水素類(PAHs)の 発生源特定とその広域輸送

高田 秀重・畠山 史郎（東京農工大学）

熊田 英峰（東京薬科大学）、内田 昌男（国立環境研究所）、

奥田 知明（慶応大学）、中島 典之（東京大学）

多環芳香族炭化水素類 (polycyclic aromatic hydrocarbons : PAHs)とは？

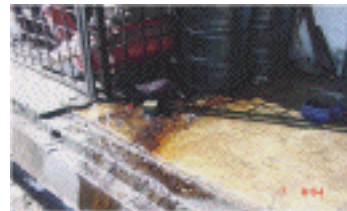


ベンズピレン

2個以上のベンゼン環が縮合した化合物
環境中には数百種のPAHsが存在する。
そのうち十数種の発がん性が確認されている。

ストックホルム条約のPOPsの候補にも挙げられている。

起源：有機物の不完全燃焼および石油製品中に含まれる。



環境中に存在する毒性物質であるにもかかわらず、規制が行われていない物質である。

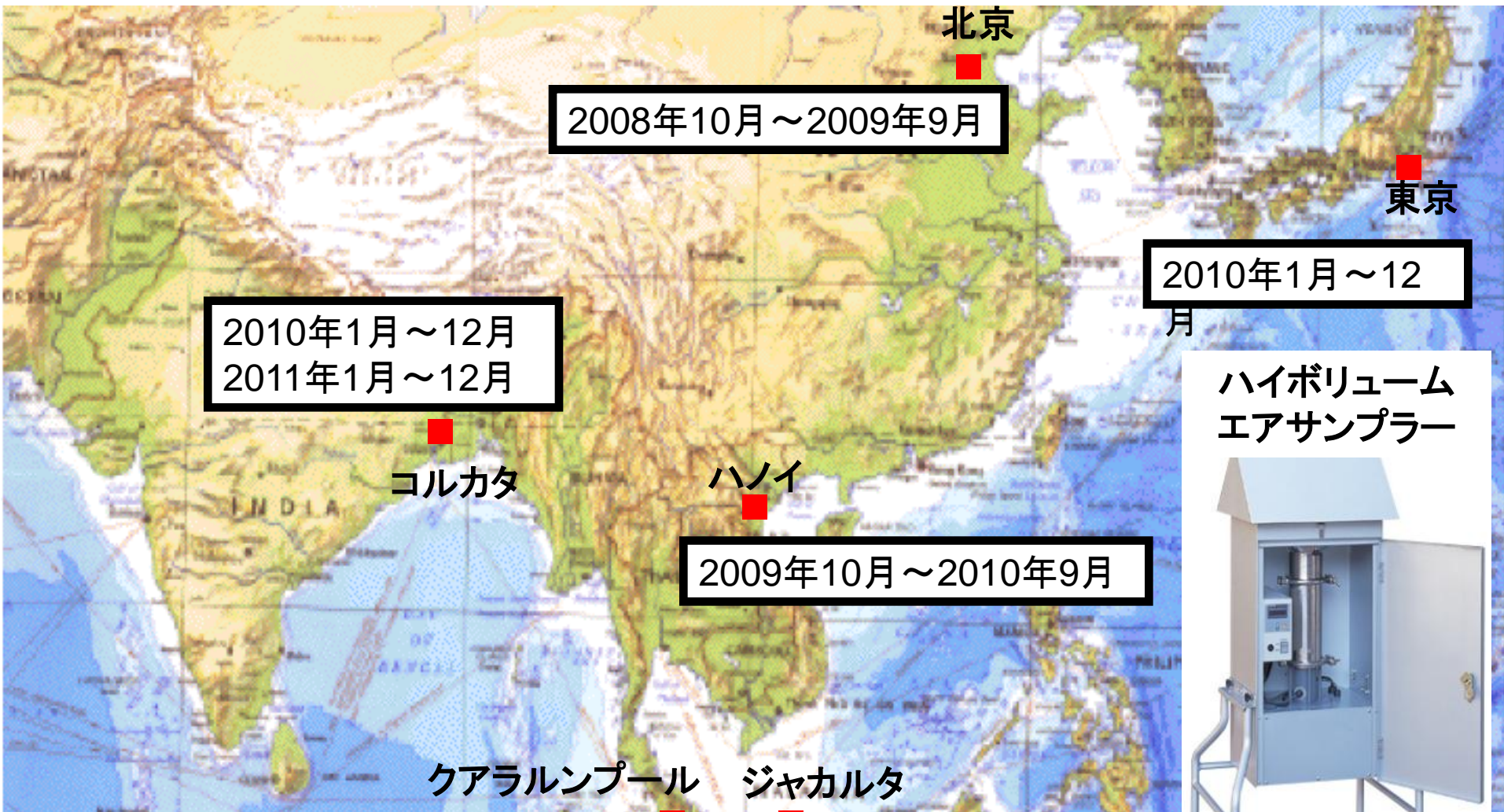
目的

1. アジア主要都市と非都市域（リモートサイト）の大気・水圏のPAHs濃度を正確に把握し、そのリスク評価を行う。
2. アジアの主要都市におけるPAHsの具体的な発生源を特定する。
3. リモートサイトの大気中のPAHsの起源の定量的な把握により、PAHsの長距離輸送の評価を行う。

目的

1. アジア主要都市と非都市域（リモートサイト）の 大気・水圏のPAHs濃度を正確に把握し、そのリスク評価を行う。
2. アジアの主要都市におけるPAHsの具体的な 発生源を特定する。
3. リモートサイトの大気中のPAHsの起源の定量的な把握により、PAHsの長距離輸送の評価を行う。

1.大気：アジア6都市でのエアロゾル試料のPAHsの詳細分析



ハイボリューム
エアサンプラー



- ハイボリュームエアサンプラーで毎週一回24時間大気試料を捕集
- 連続した1年間のサンプルを分析した

まとめ

アジア5都市の大気エアロゾル中PAHs濃度と起源

PAHs濃度は北京>コルカタ>>ハノイ≒東京≒クアラルンプール

いずれの都市においても冬季(12月~2月)に夏季(6月~9月)より高濃度であった。

冬季PAHs濃度の上昇は、

北京では暖房の燃料としての石炭燃焼、

コルカタでは工業活動による石炭燃焼

の寄与が大きいものと考えられた。

大気中のPAHsのリスク評価

◎計算方法

Σ (各PAH濃度
× B(a)Pとの毒性相対比
× B(a)Pのユニットリスク)

※ B(a)Pのユニットリスク

異なる2つの説を採用

case A: $8.7 \times 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$

case B: $1.1 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$

◎大気中PAHsの吸入による生涯発がんリスク

都市名	Case A	Case B
東京	5.1×10^{-5}	6.4×10^{-7}
コルカタ	1.0×10^{-3}	1.3×10^{-5}
北京	1.8×10^{-3}	2.3×10^{-5}
ハノイ	9.5×10^{-5}	1.2×10^{-6}

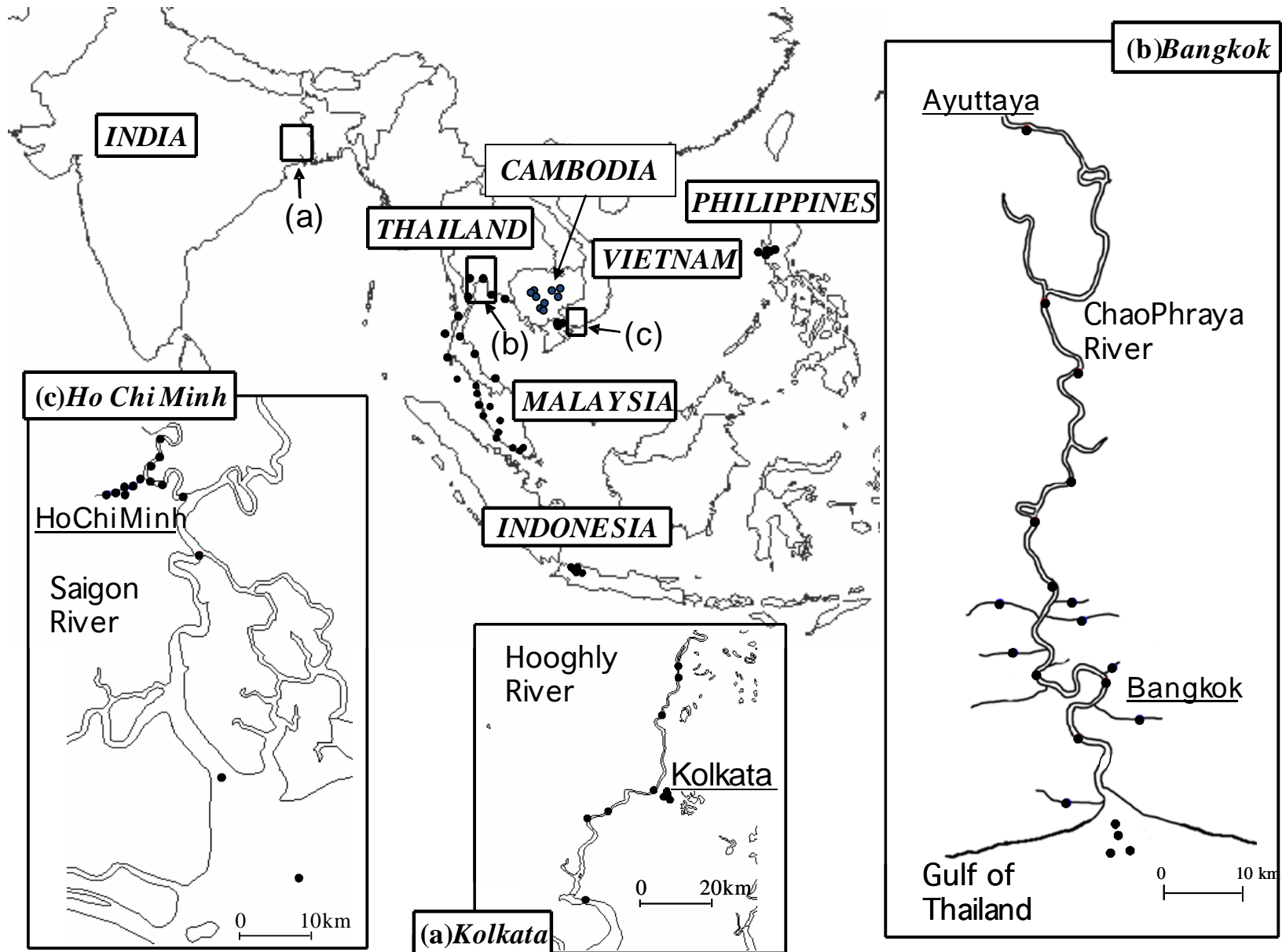


都市名	Case A	Case B
東京	2万人に1人	160万人に1人
コルカタ	1千人に1人	8万人に1人
北京	600人に1人	4万人に1人
ハノイ	1万人に1人	80万人に1人

目的

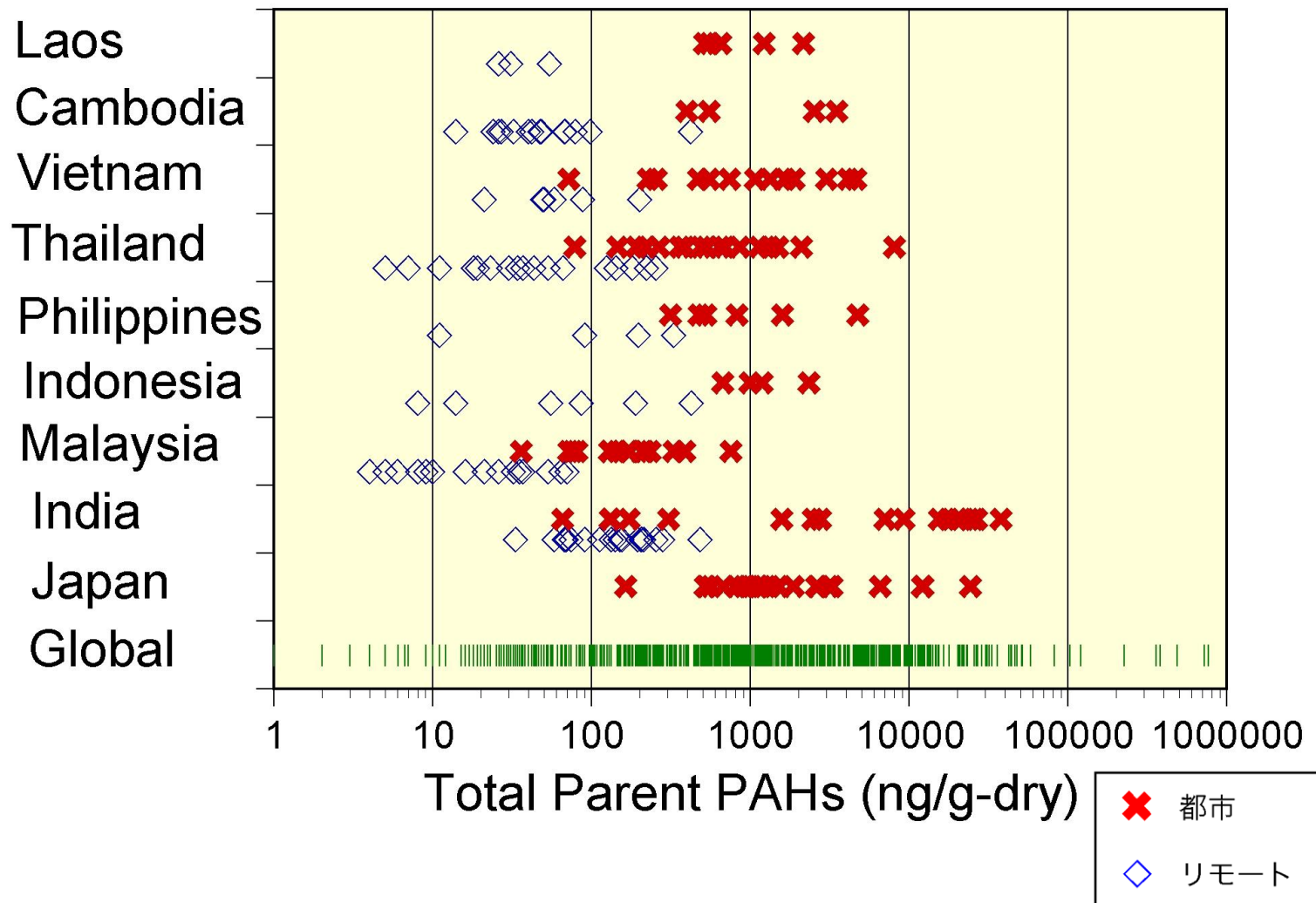
1. アジア主要都市と非都市域（リモートサイト）の大気・水圏のPAHs濃度を正確に把握し、そのリスク評価を行う。
2. アジアの主要都市におけるPAHsの具体的な発生源を特定する。
3. リモートサイトの大気中のPAHsの起源の定量的な把握により、PAHsの長距離輸送の評価を行う。

2 : 水域 : 9カ国164地点の堆積物試料を分析



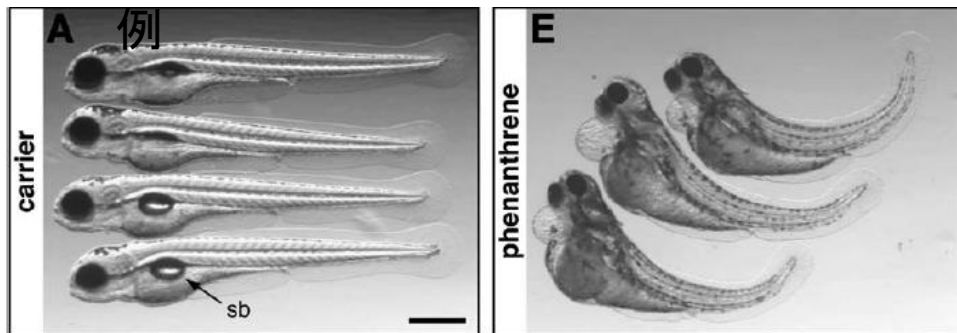
アジア地域の堆積物中のPAHs濃度の把握

都市域の地点の半数でPAHs底質ガイドライン：1000 ng/g-dry を超える濃度でPAHsが検出された。



水環境中のPAHsのリスク評価

魚卵へのPAHsの曝露による奇形の例



Incardona et al (2004)

報告例は複数ある。

最も低濃度で影響があった事例

ニシン卵への原油汚染海水の16日間の曝露の事例では、初期総 PAHs濃度 $0.7 \mu\text{g/L}$ (時間とともに低減)で稚魚の奇形や遊泳能力の低下が報告されている。

※原油中のどの成分が効いているかは不明。原油中のPAHsとしてはphenanthreneとその同族体が40%以上。

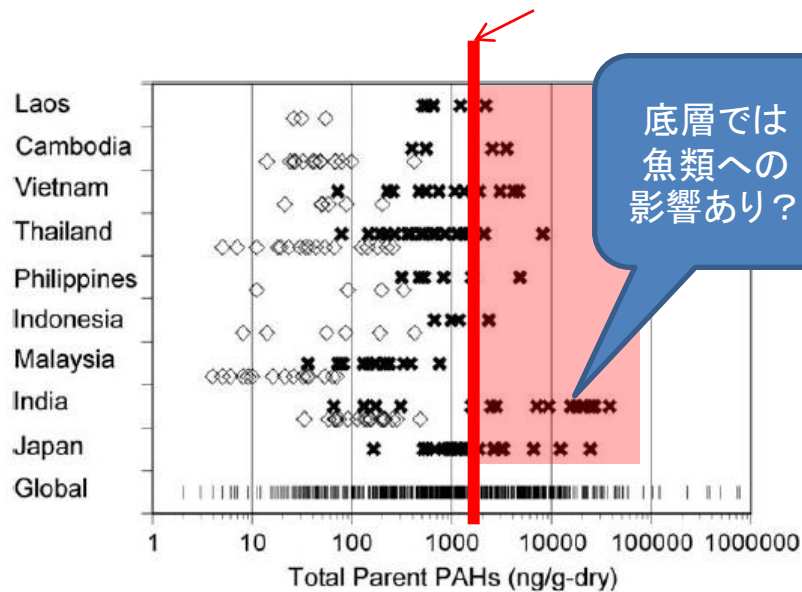
仮に...

PAHsの分配係数 $\log K_{OC} = 4.31$
(phenanthreneの値)

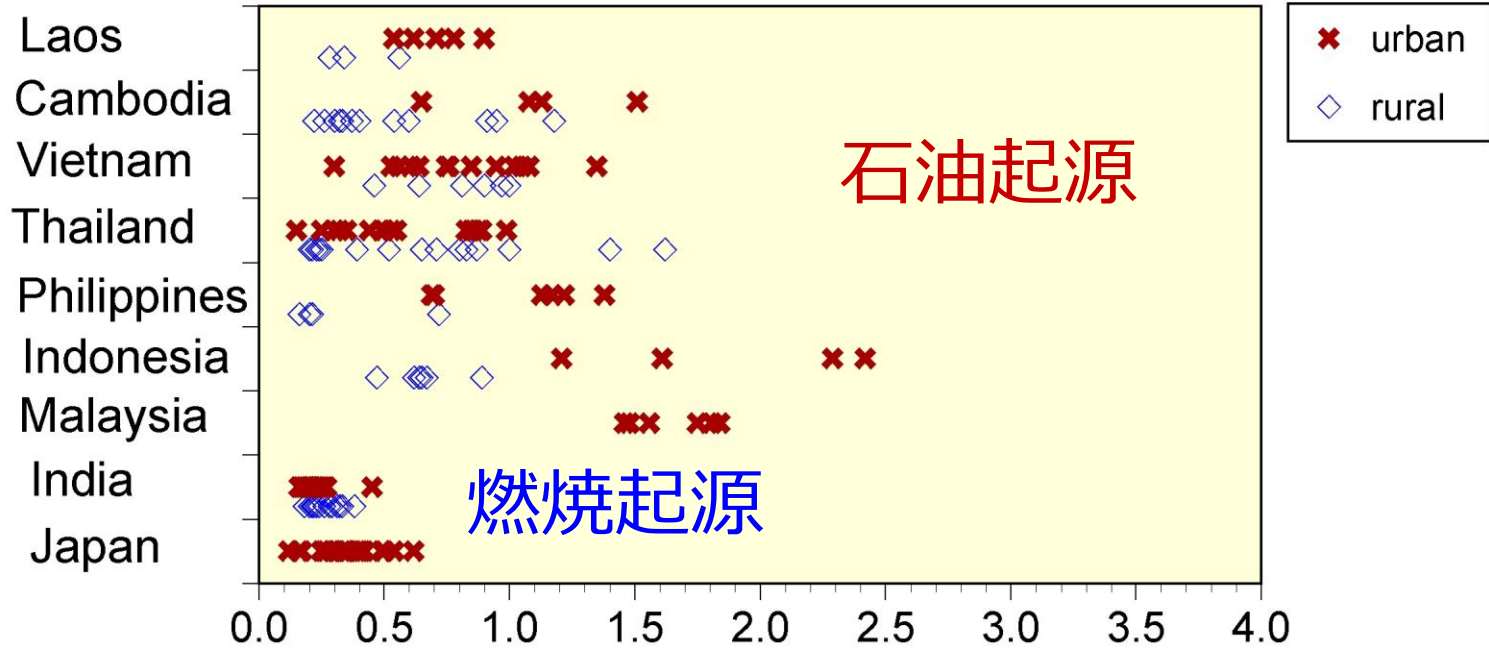
底質有機炭素含量 = 10%
で分配平衡になっているとすると

液相PAHs濃度 $0.7 \mu\text{g/L}$

⇔底質PAHs濃度 $1,400 \text{ ng/g-dry}$



アルキルPAHs比による起源推定



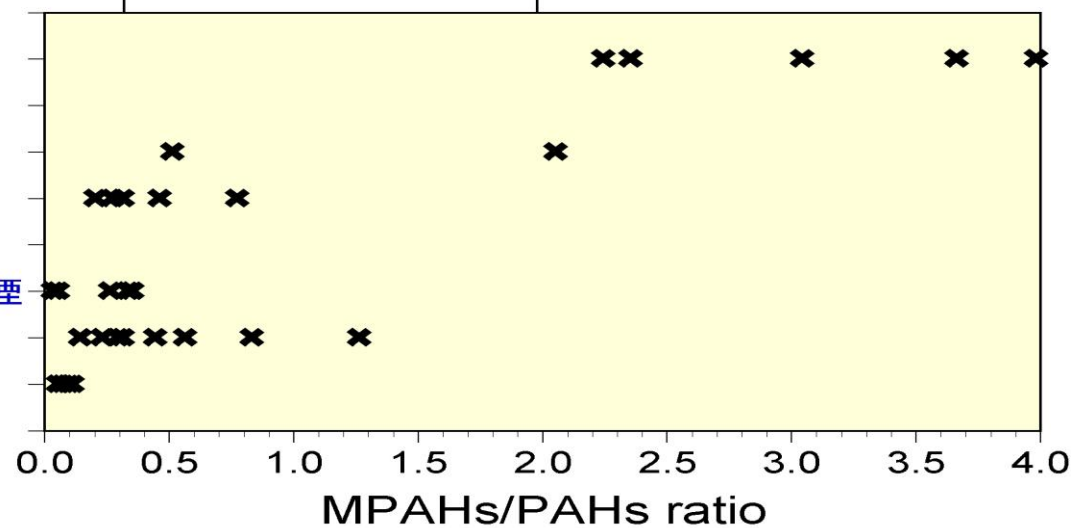
燃烧起源 ← | 燃烧+石油 | → 石油起源

原油

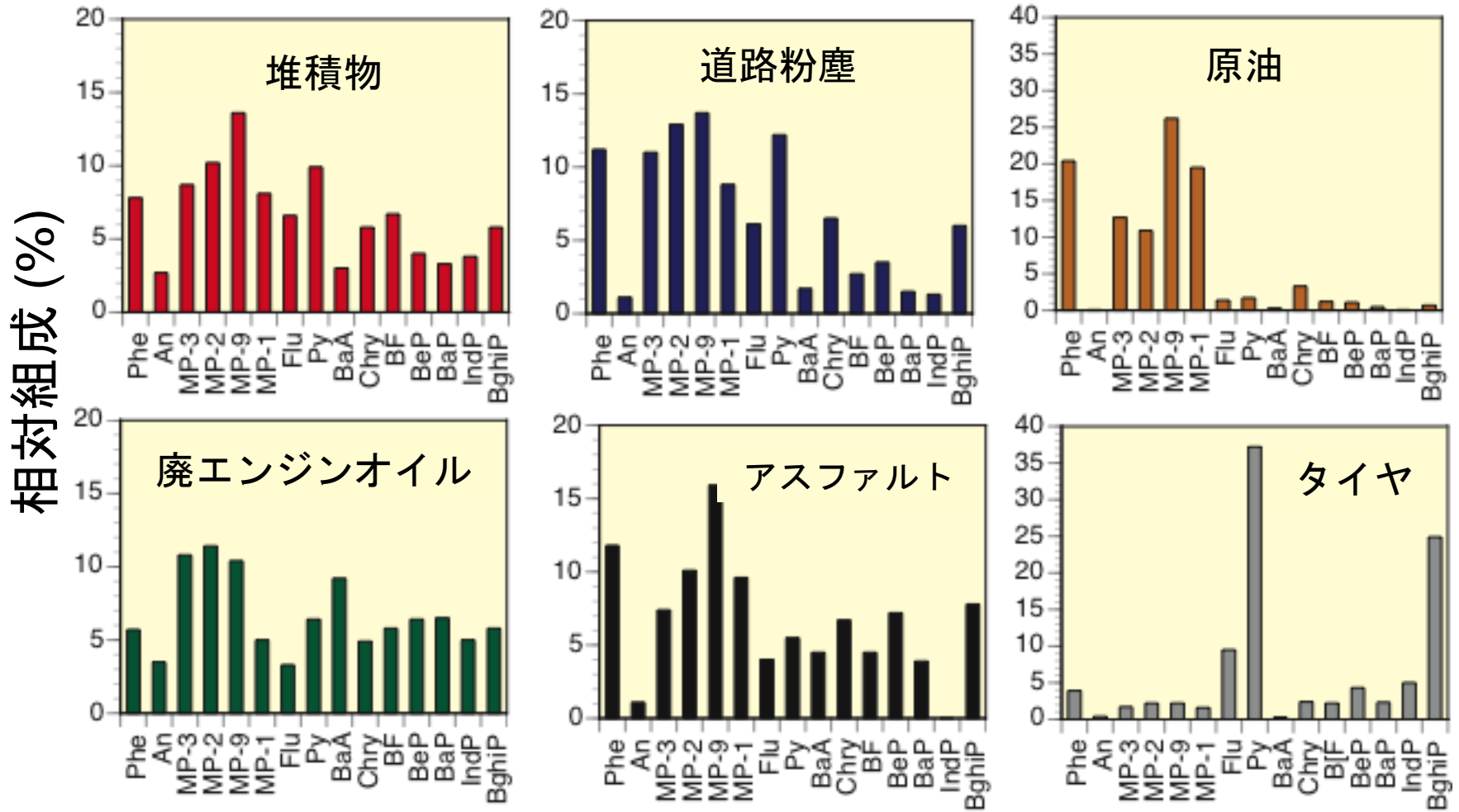
自動車排ガス [ガソリン
ディーゼル]

石炭燃烧生成物 [レンガ工場煤煙
調理時のスス]

バイオマス燃烧生成物 [調理時のスス]



PAHsプロファイルからの発生源推定



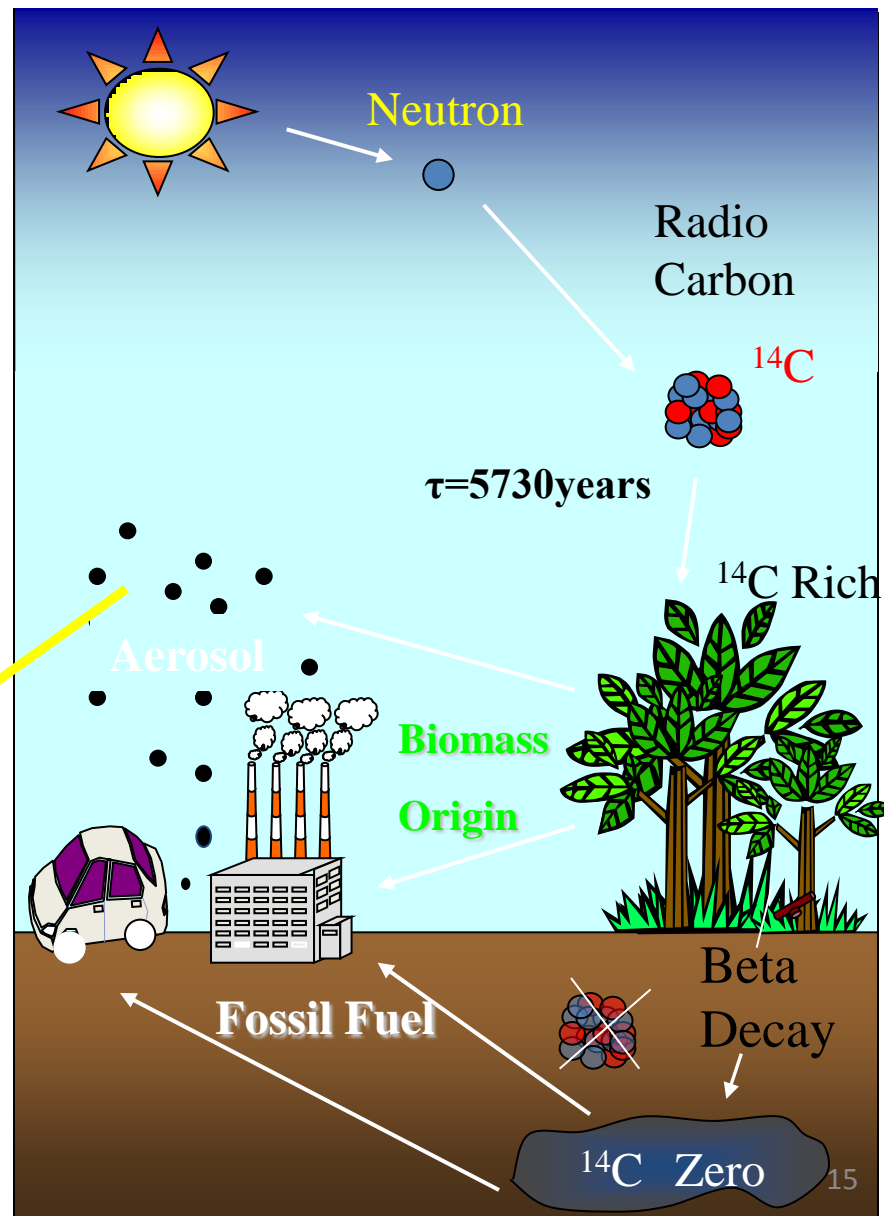
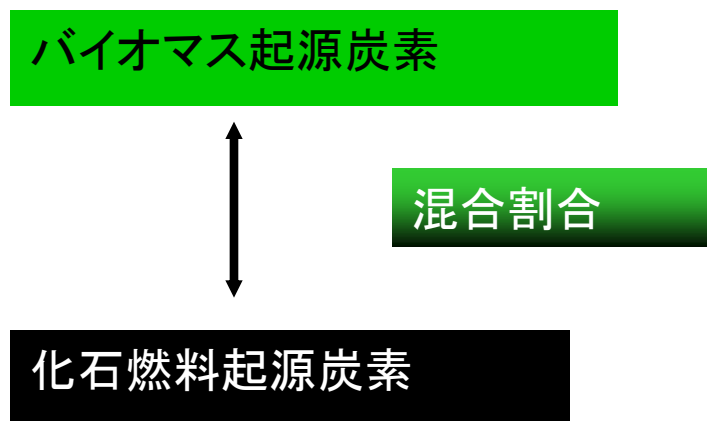
PAHsプロファイルを用いた起源解析結果

表1. 熱帯アジア各国のPAHsの起源推定結果

国	起源
マレーシア	使用済みエンジンオイル
カンボジア	使用済みエンジンオイル
タイ	タイヤ 65% 使用済みエンジンオイル 35%
ラオス	タイヤ 60% アスファルト 40%
ベトナム	タイヤ 65% ディーゼル排ガス粒子 25% 使用済みエンジンオイル 10%
インド	薪炭材燃焼 and/or 石炭燃焼

PAHsの起源解析：化合物レベルでの放射性炭素 (^{14}C)

現生植物： ^{14}C を含む
化石燃料： ^{14}C を含まず



PAHsの起源解析結果のまとめ

まとめ

表1. 熱帯アジア各国のPAHsの起源推定結果

国	起源
マレーシア	使用済みエンジンオイル
カンボジア	使用済みエンジンオイル
タイ	タイヤ 65% 使用済みエンジンオイル 35%
ラオス	タイヤ 60% アスファルト 40%
ベトナム	タイヤ 65% ディーゼル排ガス粒子 25% 使用済みエンジンオイル 10%
インド	薪炭燃焼 and/or 石炭燃焼

目的

1. アジア主要都市と非都市域（リモートサイト）の大気・水圏のPAHs濃度を正確に把握し、そのリスク評価を行う。
2. アジアの主要都市におけるPAHsの具体的な発生源を特定する。
3. リモートサイトの大気中のPAHsの起源の定量的な把握により、PAHsの長距離輸送の評価を行う。

3.PAHsの長距離輸送の評価

観測地点

- ① 沖縄県 辺戸岬
- ② 長崎県 福江島

捕集装置

ハイボリューム
エアサンプラー

- ・流量 1000L/min
- ・石英フィルター使用
- ・捕集時間 24-72H



沖縄辺戸岬と北京のPAHs濃度の比較から

- 大陸からの長距離輸送の影響はPAHsでも示唆された。
- しかし、その規模は小さいことが示唆された。