

放射化計算ベンチマーク問題の解析における 断面積のエネルギー群縮約の影響¹

2025/4/2 改訂 千葉 豪

放射化計算ベンチマーク問題を少数群断面積で行う際には、群断面積の計算精度が重要となる。そこで、詳細群（4,284 群）の計算結果を参照解とし、それを縮約に用いて位置依存の少数群断面積を求め、それを
用いた少数群計算を行い、領域平均の中性子束の精度を評価した。計算条件は以下の通りとした。

- 参照解は 4,284 群の P3 extended transport approximation により得た。
- 参照計算により得たメッシュ毎の中性子束とカレントを用いて少数群に縮約を行い、メッシュ毎に少数群断面積を計算した後、少数群の輸送計算を参照解と同様に P3 extended transport approximation により得た。
- 理論上、カレントを重みとして用いるべき断面積の縮約において、カレントを重みに用いた場合を Case 1、カレントの代わりに中性子束を重みに用いた場合を Case 2 とした。

少数群を 110 群としたときの少数群計算の中性子束の誤差を Fig. 1 と Fig. 2 に示す。なお、FRENDY により各媒質の 110 群断面積を求めた場合の結果も併せて示す。これらの結果より、以下のことが分かる。

- 位置毎の中性子束、カレントを用いて少数群断面積を計算することにより誤差が大幅に低減した。
- カレントを中性子束で代用したとしても有意に誤差は低減し、概ね 10%以内で参照解を再現した。ただし、数 keV の領域で誤差のピークが観察された。
- カレントを中性子束で代用した場合、領域 9 以降に見られるように、代用しない場合に対して系統的な差異が生じた。領域 11、12 において、代用した場合に明らかな過小評価が見られることから、カレントを用いるほうが望ましいことが示唆された。

¹ /Document/Study/Activation..JSPS/Cond

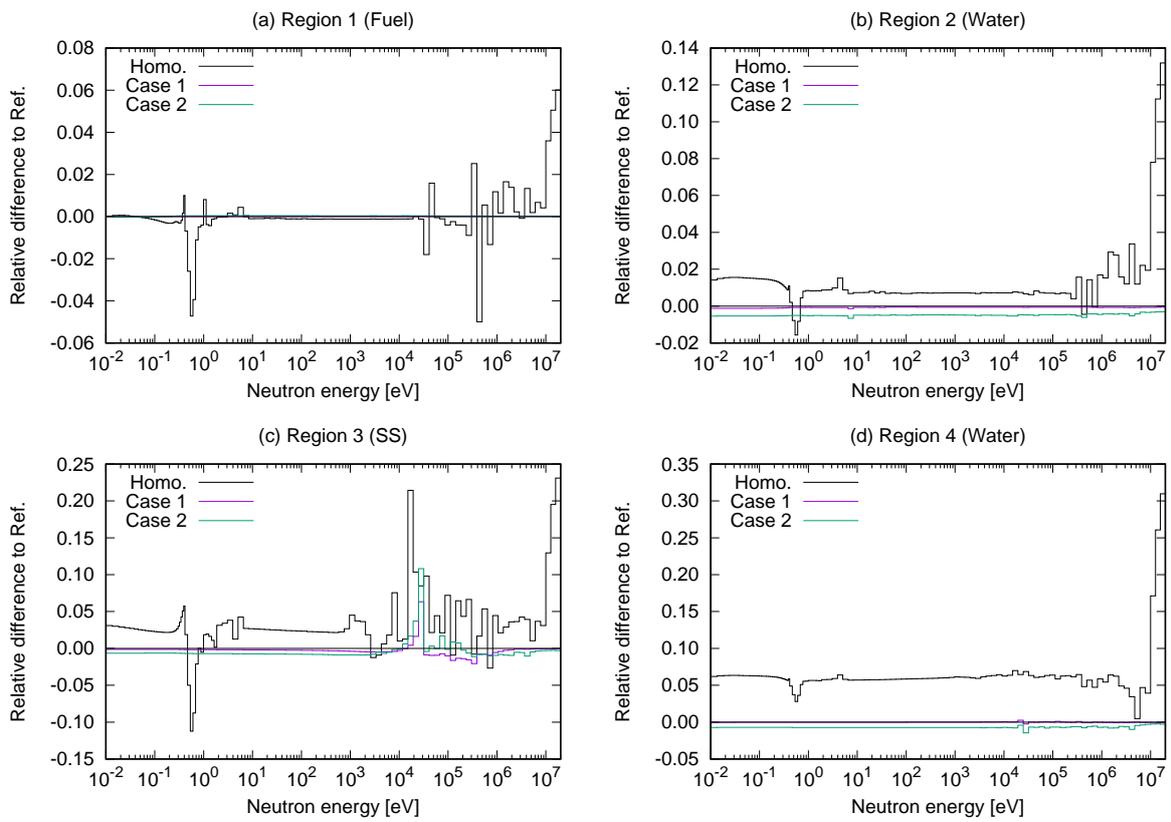


Fig. 1: Relative error of CBZ results in the region-averaged neutron fluxes with the 110-group structure (1/2)

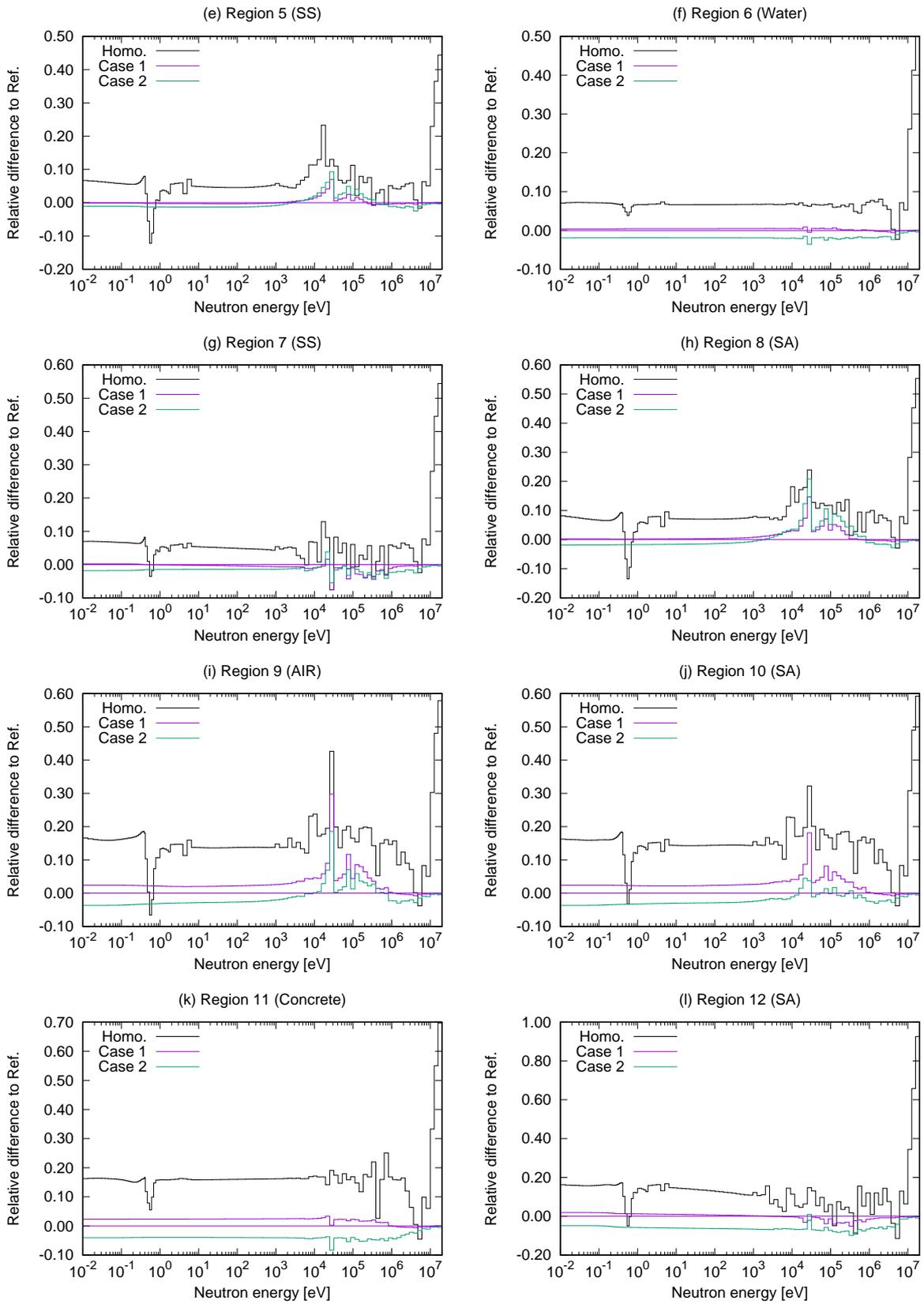


Fig. 2: Relative error of CBZ results in the region-averaged neutron fluxes with the 110-group structure (2/2)

これまでの計算で用いていた 110 群構造は SRAC の 107 群構造を基にしたものであった。SRAC の 107 群構造では熱外、高速領域を等レサジーで分割しているため、中性子の透過問題に対して適切なものとは言えない。一方、米国において軽水炉の遮蔽計算に一般的に用いられている VITAMIN-B/BUGLE を用いた方法では、中性子輸送計算は BUGLE の 47 群構造を用いている。BUGLE の群構造では、O-16 の Window 構造がある 2.2313 MeV から 3.0119 MeV (レサジー幅 0.3) を 5 分割にしたり、鉄の広い共鳴がある 21.875 keV から 26.058 keV (レサジー幅 0.175) を 2 分割にしたりするなど、遮蔽計算を考慮した群構造となっている。そこで、110 群構造に対して BUGLE の群構造を一部取り込んだ 119 群構造を新たに作成し、同様の検討を行った。110 群に対して追加したエネルギー境界は、3.0119、2.7253、2.4660、2.3652、2.3457 MeV、742.74、297.21、26.058、21.875 keV とした。領域平均の中性子束分布の誤差を Fig. 3 から 4 に示す。数 10 keV 以下のエネルギー領域における傾向に大きな差異が生じており、SRAC の群構造に対して 21.875 及び 26.058 keV のエネルギー境界を加えるだけで、顕著な誤差の低減が図られていることが分かる。

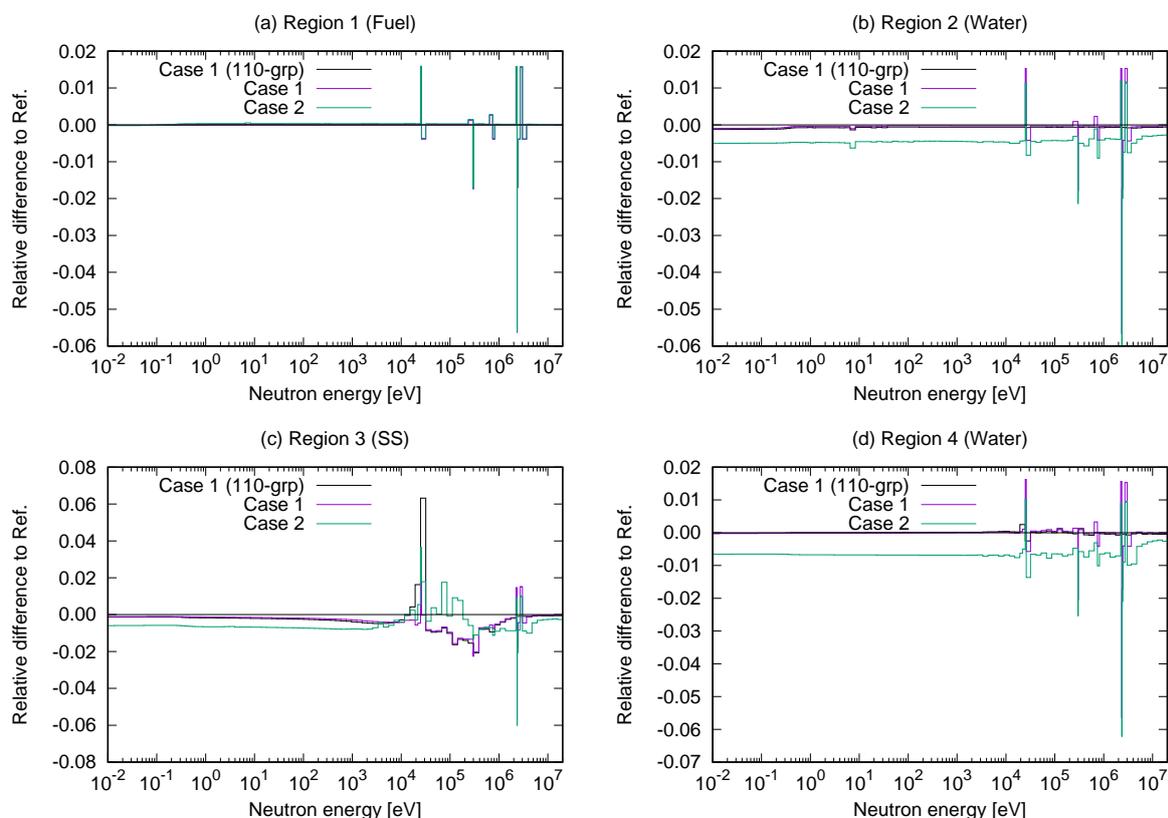


Fig. 3: Relative error of CBZ results in the region-averaged neutron fluxes with the 119-group structure

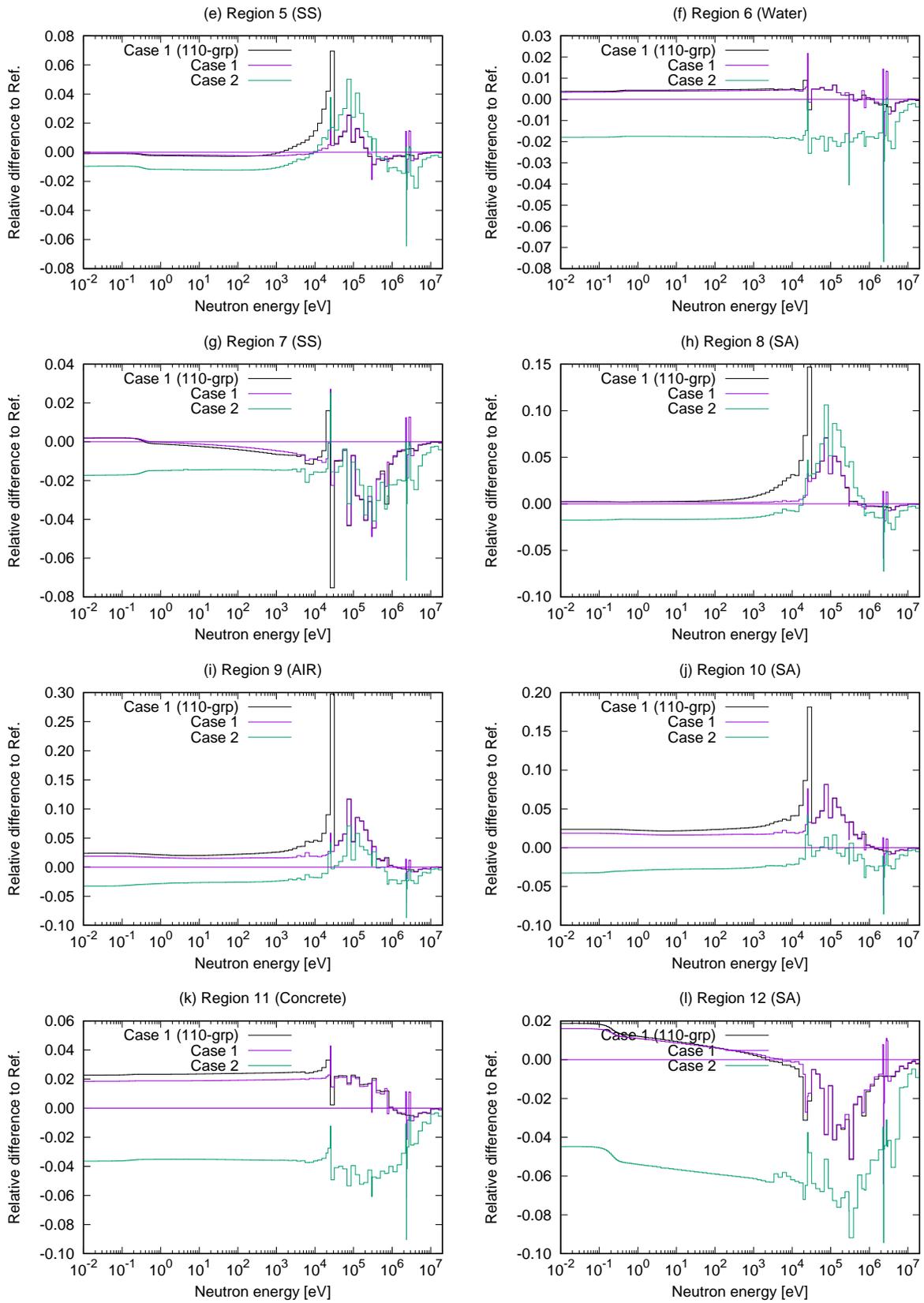


Fig. 4: Relative error of CBZ results in the region-averaged neutron fluxes with the 119-group structure