

1

2

脳と体と心でわかる

3

4

エネルギー、

5

原子力、放射線

6

の正体と実態は

7

そうだったのか

8

9

10

11

素粒子核物理

12

江尻宏泰

13

14

目次

15

16

17

はじめに

18

A. エネルギーの正体と実態

19

A1. 大谷選手のエネルギーの正体

20

A2. どこにエネルギーがあるか

21

A3. さまざまなエネルギー

22

A4. 力と場とエネルギー

23

A5. 物の成り立ちとエネルギー

24

A6. エネルギーの法則

25

A7. 太陽エネルギーめぐり

26

A8. エネルギー革新と文明革命

27

B. 原子力の正体と実態

28

B1. 原子核と原子力の登場

29

B2. 強い核力と原子力エネルギー

30

B3. 原子核融合反応と太陽

31

B4. 原子核分裂

32

B5. 原子力発電のしくみ

- 33 B6. 原子力の廃棄物と放射能
34 B7. 原子力の将来と核融合
35 B8. 原子力を脳体心で解って共存

36

37 C. 放射線の正体と実態

38 C1. 放射線の正体

39 C2. 放射能と放射性物質の実態

40 C3. 放射線をだす弱い力と半減期

41 C4. 放射性核の量と放射線の強度

42 C5. 放射線エネルギーの実態

43 C6. 放射線の特徴と利用

44 C7. 放射線をどう防ぐか

45 C8. 放射線を脳体心で解って共存

46

47 おわりに

48

49 著者紹介

50

51

52

53

54

55

はじめに

56

57

58

59

毎日の日常生活や明日の地球の運命は、エネルギーと原子力と放射線の活用と共存にある。

60

61

62

63

しかし、どれも正体や実態がはっきりしない。目にも見えず、手にも取れず、頭でもわかりづらく、不安がつもの。21世紀、はたして地球は持つのか？

64

65

66

67

68

本書の第1篇でエネルギーを、第2編では原子力を、そして第3篇では放射線を取り上げ、それらの正体と実態を、脳と体と心でわかるように、絵を用いて説明する。

69

70

71

エネルギーは文明の要で、世界共通の問題、特に日本は深刻だ。

72

73

74

日本のエネルギーの自給率は10%前後、主たるエネルギー源は海外に頼り、食料自給率は3割台。戦火が絶えずエ

75 エネルギー高騰の昨今、なにか異変がお
76 ければ日本はたちまち立ち枯れになる。

77 現代の主なエネルギーは電力。世界
78 の先進国は、電力の 30%程度を原子力
79 でまかなう。一方、日本では 3.11 以後、
80 クリーンな原子力から危険な石炭、石
81 油などの化石燃料に大幅にシフト。

82 国内外では、化石燃料の廃棄物（温暖
83 化ガス）による異常気象で犠牲者が急
84 増し、地球炎上がせまっている。

85 放射線は、医療、農業、工業、科学技
86 術、等々に広く活用されている。原子力
87 と共に、科学に基づいた安全管理が肝
88 要だ。しかし、その放射線の科学を理解
89 せず、とにかく避けることに終始。その
90 結果、日常の安全が危機にある。

91

92 エネルギー、原子力、放射線の 3 問題
93 の解決なしに、21 世紀は生き残れない。
94 その解決を妨げている大きな要因は、
95 それらの正体や実態が、頭でも体でも

96 大変わかりにくく、正しく理解されて
97 いないことによる。

98 エネルギーは、どこにどんな姿でど
99 のくらいあるのか。使ったらどう変わ
100 るのか。なぜ廃棄物が出るのか。

101 石油や石炭には、どこにどんなエネ
102 ルギーがあるのか。なぜ温暖化ガスを
103 大量に空中に放出するのか。

104 原子力(核燃料)のどこに石炭の百万
105 倍のエネルギーがあるのか。太陽光の
106 どこが原子力なのか。原子力は本当に
107 クリーンで安全か。

108 原子力にはいつも放射線がつきま
109 う。この2つはどうちがうのか。

110 放射線は紫外線と同じ光線か、全く
111 異種の奇線か。放射線のエネルギーは
112 どこにどれだけあるのか。放射線はが
113 んを見つけ、がんを治す善玉か、がんを
114 造る悪玉か。放射線は避けるのが本当
115 に安全か。放射線と共存は可能か。

116 自然界や人体は放射能と放射線に満

117 ちているのに、5感で感じないのはなぜ
118 か。一方、紫外線はあたれば日焼けし、
119 赤外線はあたれば熱い。

120

121 エネルギーと原子力と放射線がわか
122 るということは、まず、頭脳でわかるこ
123 とだ。いずれも科学のコンセプトで、科
124 学の法則にしたがうので、頭で理解す
125 ることが可能だ。どれもエネルギー(熱)
126 があるので体でもわかるはずだ。

127 大多数の人々は、エネルギー、原子力、
128 放射線の正体と実態を、頭(脳)でも体
129 (感覚)でもはっきりわかってなく、ま
130 して心で納得していない。したがって
131 「適正」な判断や行動がとれない。

132 エネルギーや原子力や放射線をほん
133 とうにわかるためには、頭だけでなく、
134 5感と直感(第6感)という体でわかる
135 ことがだいじだ。車の運転は、実技の訓
136 練によって体でわからなければ、とっ
137 さにハンドルがきれず、危険だ。

138 頭と体でわかった上で、心でわかる
139 ことが大切だ。いくら安全といっても
140 心が納得しないと安心できない。逆に、
141 脳と体でわからず、心だけで信仰して
142 全財産をささげては、身を亡ぼす。脳と
143 体でわっても、心が安心できず、無意味
144 で危険な避難生活をつづけるばあいがある。
145 いずれも犠牲者が痛ましい。

146

147 筆者は、70年にわたり、国内外の大学
148 や大学院などで、原子核物理の研究
149 と指導に励んでいる。エネルギー、原子
150 力、放射線の真ただ中での毎日だ。

151 本書は、筆者のそれらの「実体験」に
152 もとづく。エネルギーと原子力と放射
153 線の正体と実態を脳と体でわって、こ
154 ころがスッキリした上で、適正な行動
155 をしていただければ嬉しく思う。

156

157

158

159

160 A. エネルギー
161 の正体と実態は
162 そうだったのか

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175 A1. 大谷選手のエネルギーの正体

176
177 大谷選手は、投げて、打って、そして
178 走る。世界の3刀流だ。

179 どれも凄いエネルギーだ。各々、どこ
180 にどれだけエネルギーがあるのか。

181 エネルギーの量はジュールで表す。
182 100ワットの電球を1秒つけると100
183 ジュール、500ワットの電子レンジな
184 ら1秒で500ジュールだ。

185 ホームラン球の運動エネルギーは
186 180ジュール程度。60ワットの電球3
187 秒間の電気エネルギーに相当する。

188 球は、バットに当たった瞬間、大きく
189 ひずむ(へこむ)。それはボールの中の
190 電気エネルギーで、それがボールに移
191 り、打球の運動のエネルギーになる。

192 バットのエネルギーは大谷選手の筋
193 肉に蓄えられたエネルギーの一部だ。
194 そのエネルギーは前に食べた蛋白質や
195 糖分などの栄養(カロリー)からきた。

196 砂糖の場合、1グラム当たり4キロ
197 カロリ=17000 ジュールの栄養エネル
198 ギーが、砂糖内の電気ばねにある。

199 砂糖 0.01 グラム、耳かき 1 杯分の砂
200 糖内の栄養(電気ばね)エネルギーが、
201 打球の運動エネルギーに変わった。

202 大谷選手の豪速球は、時速 150 キロ
203 のばあい、直進運動エネルギーは 130
204 ジュールくらい。実際は回転エネルギ
205 ーが加わる。投球と打球の運動エネル
206 ギーは大体同じ程度だ。

207 体重 95 キロの大谷選手は時速 30 キ
208 ロメートルくらいで走る。その運動エ
209 ネルギーは、4000 ジューくらい。打球
210 の 25 倍、砂糖 0.3 グラム相当だ。

211 観客は、ホームランや投球や走塁の
212 様子を、それらから出る光を見てわか
213 る。多くの方はテレビを見てわかる。

214 光やテレビの電波は、電気のエネル
215 ギーの波だ。電波は重要な情報(エネル
216 ギー)をつたえる。

217 ホームラン、投球、走塁などは、数秒
218 の映像、その光のエネルギーは数ジュ
219 ールくらいだが、感動をあたえ、いつま
220 でも心に残る。その波及エネルギーは
221 計り知れない。

222 大谷選手の挙動のエネルギーのもと
223 になる体力や意思力は、毎日の主食や
224 副食による。それらは太陽光のエネル
225 ギーで育った。太陽内では、原子核ばね
226 の(原子力)エネルギーが太陽光となっ
227 て地球にそそそぐ。

228 エネルギーは、原子核—太陽—地上
229 の米—筋肉—ホームラン—テレビ電波
230 と宇宙と地球をかけめぐる。

231 大谷選手は闘志を燃やして、投げて、
232 打って、そして走る。その投打走のエネ
233 ルギーの正体は、解明が進んだが、その
234 もとになる闘志のエネルギーの正体は
235 目下研究中だ。

236

237

238 A2. どこにエネルギーがあるか

239
240 エネルギーは、特定の所に、決まった
241 量が、固有の姿形で存在している。

242 「運動エネルギー」は、運動している
243 物の各部分にあり、質量（重さ）に比例
244 し、速さの2乗に比例する。

245 速さが2倍になると、エネルギーは
246 4倍、重さが2倍になるとエネルギー
247 も2倍になる。高速道を時速100キロ
248 で走る車は街中を30キロで走る車の
249 10倍のエネルギーで、車の各部分には、
250 重さに応じて運動エネルギーがある。

251 「ばねのエネルギー」は、ばねが伸び
252 縮みしたところにある。ばねの力に逆
253 らって伸ばしたばあい、エネルギーは
254 力に動いた距離をかけた量だ。

255 高く上がったボールと地球は、見え
256 ない万有引力（重力）というばね（ゴム
257 ひも）の力で引きあっている。10キロ
258 グラムの物は100ニュートンくらいの

259 重力（引力）で下に引かれている。それ
260 を 2 メートル上げるには $100 \times 2 = 200$
261 ジュールのエネルギーがいる。

262 地上の高い所にある、木の実、ダムの水、人工衛星、等々は、重さと高さに応じて重力エネルギーがある。物体の間に働く重力（引力）は、それぞれの質量に比例し距離の 2 乗に反比例する。

267 物体内に電気があり、お互いに電気
268 の力（電気のばね）が働いている。電荷
269 間の電気力は、それぞれの電荷に比例
270 し、距離の 2 乗に反比例する。

271 筋肉、食料、火薬などのエネルギーは、
272 それぞれの物体内にある電気（ばね）エ
273 ネルギーだ。火薬内の電気ばねの電気
274 の力で、弾丸が飛び、ばねの電気エネ
275 ルギーが、弾の運動エネルギーに変わる。

276 電気力は重力にくらべ、超大きい。だ
277 から、燃料内の超小さい電気ばねで、大
278 きなロケットは、高く上がる。

279 物体の中には、原子核という超々微

280 小さな核があり、その中で超々微小な核
281 力ばねがある。核力ばねのところに、
282 超々大きな原子(核)ばねのエネルギー
283 がある。原子力(エネルギー)だ。

284 核力(ばねの力)は、電気の力より
285 超々強く、原子力(核)エネルギーは、
286 石油内の電気エネルギーの百万倍大き
287 い。同じエネルギーを出すのに、原子核
288 燃料は、石油の100万分の1ですむ。

289 光や電波は、物体内の電気が振動す
290 るさいにでる。そのエネルギーは、その
291 振動数に比例し、波長に反比例する。

292 テレビの電波は、波長が長くエネル
293 ギーが低い。原子から出る可視光線は、
294 波長が短くエネルギーが高い。超微小
295 の原子核から出る光(放射線)は、超微
296 小の波長で、エネルギーが超高い。

297 エネルギーは、運動している各部や、
298 物体内の各ばねや、各種の光や電波に、
299 それぞれの固有の形で存在する。

300

301 A 3. さまざまなエネルギー

302

303 物体内に、種々の運動エネルギー、電
304 気ばねや原子力ばねのエネルギーや、
305 光や電波のエネルギーがある。

306 たき木の中の炭素原子のまわりの電
307 子は、電気力で引きあって、電気ばね
308 になっている。その電子に空気中の酸
309 素分子の中の電子が近づき合体(燃焼)
310 すると、炭素の電気ばねがはじけて、二
311 酸化炭素という分子が飛び出す。ある
312 ばあいは、物体内の電気を振動させて、
313 電波(赤外線など)がでる。

314 木の燃焼では、炭素内の電気ばねの
315 エネルギーが、二酸化炭素の運動エネ
316 ルギーや赤外線の電気エネルギーに移
317 る。高速の二酸化炭素や赤外線は、「火」
318 といわれ、熱があり、肉を焼たり手を暖
319 めるのに使われる。

320 温風や温泉などの熱の正体は、運動
321 エネルギーだ。空気の高速分子や湯の

322 高速分子が体に当たり暖かく感ずる。

323 人々は弓矢を使って狩猟をした。弓
324 を弾くと、その人の筋肉内の電気ばね
325 エネルギーが弓に移り、弓の中の電気
326 ばねが伸びて電気エネルギーが蓄えら
327 れる。弓を放つと、その電気エネルギー
328 が矢の運動エネルギーに移る。

329 矢は的に当たると、的の板がへこむ。
330 矢の運動エネルギーは的板の電気ばね
331 を圧縮させるのに使われる。

332 燃料内には、電気ばねがあり、そこに
333 電気エネルギーがある。石油内の炭素
334 の電気ばねのエネルギーが、燃えて二
335 酸化炭素の運動エネルギーになる。

336 ウラニウム核の分裂(燃焼)では、
337 核ばねのエネルギーが分裂核の運動エ
338 ネルギーになる。それらの運動エネル
339 ギーは、発電に利用され、電気エネルギ
340 ーとして家庭や工場で活用される。

341 地球内のプレートが年々動き、プレ
342 ート内の電気ばねは、圧縮されて電気

343 エネルギーが蓄積される。ある時に、は
344 じけてプレートが跳ね上がり、振動の
345 運動エネルギーとなって地震になる。
346 また、海水を持ち上げて津波になる。

347 ジェットコースタでは、上がった
348 下がったりするたびに、地球との間の
349 重力ばねが延びたり縮んだりする。あ
350 がって重力エネルギーがふえると、遅
351 くなって運動エネルギーがへる。

352 地球上には多種多様の原子核ばねが
353 あり、核ばねの原子力エネルギーがあ
354 る。その一部は、ベータ放射線（主に電
355 子）の運動エネルギーとして、一部はガ
356 ムマ放射線（主に光）のエネルギーとし
357 て放出されている。

358 物体中には、さまざまな運動エネル
359 ギー、種々の物体内の電気ばねや原子
360 力ばねのエネルギー、いろいろな波長
361 の光や電波のエネルギーがある。

362

363

364 A4 力と場とエネルギー

365

366 エネルギーと力は密接な関係にある。
367 力のあるところ、すなわち力のある場
368 所に力の場のエネルギーがある。

369 世の中には4種類の力がある。重力、
370 電気力、原子（核）力、弱い力だ。

371 重力は質量のある物の中で引き合う
372 万有引力である。地球上の質量（重さ）
373 のあるものは、すべて地球の重力によ
374 って、地球の中心に引かれている。

375 地球のまわりには、地球の重力の場
376 があり、その場にある物体は重力によ
377 り下（地球の中心）の方向に引かれる。

378 地上で、あるものを重力にさからっ
379 て持ち上げると、それだけ重力のエネ
380 ルギーが増える。

381 太陽のまわりには、太陽の質量によ
382 る重力の場があり、その場にある地球
383 は太陽の方向に重力（万有引力）で引か
384 れている。その引力と、地球の公転の遠

385 心力が釣り合って、地球はまわる。

386 物体内には、電子があり、電気があり、
387 その周りには、電気の力の場がある。電
388 気 A の周りの電気力の場に、電気 B が
389 くと、電気 A の電気の場の力がはた
390 たらき、電気エネルギーが生まれる。
391 電気エネルギーは産業や生活に広く活
392 用されている。

393 電気が動くと磁力が生まれる。鉄心
394 にコイルを巻いて電気を流すと磁石に
395 なる。リニア新幹線は、電気で作
396 って磁力で車体を浮かす。電気力と磁
397 力をまとめて電磁力という。

398 物体内の超々微小な原子核内には、
399 原子(核)力の場があり、そこで原子核
400 には強力な原子(核)力がはたらいて、
401 超大な原子力エネルギーがある。原子
402 力は大変強いので、「強い力」という。

403 原子核が変化すると、原子(核)力エ
404 ネルギーが増減する。そのエネルギー
405 を有効利用するのが原子力発電だ。

406 ウラニウム原子核が核力の作用で
407 分裂する際のエネルギーは、20世紀半
408 から原子力発電に実用されている。

409 太陽内では、水素核が融合する際の
410 原子力エネルギーがもとで、太陽エネ
411 ルギーが生まれ、太陽光が放射される。
412 原子力は第2編で詳しく述べる。

413 ある原子核は放射線を放出して変わ
414 る。放射線が出る扉の開閉をするのが
415 「弱い力」だ。原子力に比べて10万倍
416 くらい弱く、開閉はめったに起こらな
417 い。放射線のエネルギーは、医療などに
418 使われている。放射線については第3
419 編で詳しく述べる。

420 魅力ある人の周りには、魅力の場が
421 あり、そこではその人に惹かれ、魅力の
422 エネルギーがある。

423 世の中には種々の力の場があり、そ
424 こに物があるとその場のエネルギーが
425 生まれ、そのものに力が作用する。

426

427 A 5. 物の成り立ちとエネルギー

428

429 宇宙には、たくさんの星があり、それ
430 ぞれ重力(万有引力)という見えないば
431 ねで引き合って運動している。重力ば
432 ねに重力エネルギーがあり、運動する
433 星には運動エネルギーがある。

434 地球上には、いろいろな物がある。そ
435 れらの物はたくさんの分子からなり、
436 分子はいくつかの原子からなる。

437 コップ一杯の水は1兆の6兆倍の水
438 分子から成る。1つの水分子は2つの
439 水素原子と1つの酸素原子より成る。

440 世の中には、約100種類の原子があ
441 る。いくつかの原子が組み合わさって、
442 いろいろな分子になり、それがたくさ
443 ん集まっていろいろな物になる。

444 各原子の中心に固有の原子核があり、
445 その周りにいくつかの電子ある。

446 原子の大きさは1億分の1センチメ
447 ートルくらいの微小な粒。その中心の

448 原子核は 1 兆分の 1 センチメートルく
449 らいの超々微小の粒だ。

450 原子内の電子はマイナス（負）の電気
451 を持っている。原子核はプラス（正）の
452 電気を持っている。全体ではマイナス
453 とプラスで 0 で中性だ。

454 物体の中では、これらの電気が電気
455 の力で引きあい、あるいは反発しあう
456 電気ばねがある。電気ばねは電気力を
457 およぼしあう電気の「場」だ。

458 水の分子は相互に電気力（ばね）で
459 引きあっている。それを熱する（エネル
460 ギーを与える）と、電気ばねの力を振り
461 切って蒸発し、水分子は蒸気となって
462 運動エネルギーをもらって運動する。

463 水のある溶液に入れて強力な電気の
464 力を加えると、酸素と水素の間の電気
465 のばねがはずれて酸素と水素に分かれ
466 る。電気分解である。

467 原子核の中では、いくつかのプラス
468 の電気の陽子と電気のない中性子が相

469 互に核力という強力な原子力(核力)ば
470 ねで固く結ばれている。

471 原子核にエネルギーの高い光(ガン
472 マ線)をあててエネルギーを注入する
473 と、核力のばねを振り切って陽子や中
474 性子が原子核の外に飛び出す。

475 分子や原子内の電気(電子)や原子核
476 内の電気(陽子)が振動すると、電波が
477 放出される。電波は、電磁波ともいわれ、
478 電気と磁気を帯びた光の波で、光子か
479 ら成る。光子は光速で空間を飛び交う。

480 光子のエネルギーは振動数に比例す
481 る。紫外線は可視光線より振動数やエ
482 ネルギーが高く、日焼けする。

483 葉からでる緑の光子が沢山集まって
484 緑に見える。電波の光子がたくさん集
485 まって、テレビの画像になる。

486 世の中には、宇宙、地球、物体、原子、
487 原子核、光や電波、等々があり、そこに
488 さまざまなエネルギーがある。

489

490 A 6. エネルギーの法則

491
492 エネルギーは見えないが、科学の法
493 則があり、その法則にしたがう。

494 法則 1. エネルギーの場所や姿は変わ
495 るが、総量はかわらない。エネルギー保
496 存則という。総量は一定に保もたれて
497 いて増減しない。

498 高所のダムの水は、地球の重力(引力)
499 ばねのエネルギー分だけ重力エネルギ
500 ーが大きい。そのエネルギーは、高速で
501 落ちる水の運動エネルギーに変わる。エ
502 ネルギーの姿は変わるが、量は同じだ。

503 火力発電では、石油内の炭素の周り
504 の電気ばねエネルギーの30%くらいが
505 電気エネルギーに変わり送電され、残り
506 の70%くらいはロスの熱エネルギーと
507 なって、大気に逃げる。二つのエネルギ
508 ーの和は、はじめの石油内のエネルギ
509 ーと同じで、保存している。

510 法則 2. エネルギーは質量で、質量×光

511 速の 2 乗がエネルギーになる。アイン
512 シュタインが発見した法則だ。

513 野球ボールの質量のエネルギーは、
514 質量に光速の 2 乗をかけて、1.5 京 (1.5
515 兆の 1 万倍) ジュールだ。

516 豪速球の運動エネルギーは、130 ジュ
517 ール、質量にして 1 兆分の 1 グラム。
518 それだけ豪速球は重く感ずる。

519 石油内の炭素と酸素は、燃えて二酸
520 化炭素に変る。石油の燃焼で使われる
521 電気ばねエネルギーは石油 1 キログラ
522 ム当たり 5 万キロジュールだ。

523 石油の燃焼エネルギーは、石油の質
524 量エネルギーの百億分の 5 に相当する。
525 石油は燃える前は、この電気ばねのエ
526 ネルギー分だけ重い。

527 質量エネルギーの百億分の 5 くらい
528 を占めている電気ばねのエネルギーが、
529 燃焼によって二酸化炭素の運動エネル
530 ギーになり、暖房につかわれる。

531 原子力の場合、核ばねのエネルギー

532 は、ウラニウム 1 キログラム当たり、
533 100 兆ジュールくらいだ。千分の 1 グ
534 ラムの質量に相当する。

535 石油の電気ばねのエネルギーの 200
536 万倍大きい。同じ重さの燃料なら燃料
537 も廃棄物も 200 万分の 1 ですむ。

538 法則 3. エネルギーは質の高い (高
539 温) ほうから低い (低温) のほうに移る。
540 エントロピーの法則ともいわれ、エネ
541 ルギーの総量は変わらないが、質は下
542 がる方向に移る。

543 エンジン内の高温のガスは質の高い
544 エネルギーで、車を走らせるのに有効
545 利用され、質の低い低温の排気ガスに
546 変る。エネルギーの総量は変わらない
547 が、質が下がり、価値が減る。

548 エネルギーは、利用すると総量は
549 変わらないが価値が減る。

550 エネルギーには、その量、場所、質
551 があり、それらは科学の法則があるの
552 で、科学的に理解できる。

553 A 7. 太陽エネルギーめぐり

554
555 太陽の中心部で水素の原子核が融合
556 し、核力（原子力）ばねの原子力エネル
557 ギーが電子の運動エネルギーやガンマ
558 線のエネルギーに変わる。

559 水素核の融合では、その質量の千分
560 の2くらいが、電子の運動エネルギー
561 やガンマ線のエネルギーに変わる。

562 石油の燃焼のばあいに質量からエネ
563 ルギーに変わる割合にくらべて、太陽内
564 の核融合では400万倍くらい割合がお
565 おい。だから太陽核燃料は40億年くら
566 い燃え続けて永持ちする。

567 太陽中心の原子力（核）エネルギーは、
568 長い年月掛けて太陽表面に達し、太陽
569 光として四方に放出され、その1部が
570 地球にそそぐ。太陽光は、もとが原子力
571 で、脱炭素のクリーンエネルギーだ。

572 太陽エネルギーの量は1平方メート
573 ル当たり1キロワットくらい。日本に

574 そそぐ太陽光エネルギーは、日本の年
575 間消費エネルギーの 300 倍くらいだ。

576 太陽光の 1 部は太陽光発電として利
577 用される。日本の電力の 10%位が太陽
578 光だが、各家庭での太陽光発電、電池の
579 改良、昼間に EV 電池の充電、などで、
580 格段に伸びることを期したい。

581 太陽光は電磁波の一種で、その電気
582 エネルギーで海水を暖め、水の電気ば
583 ねを断ち切って蒸発させ、山間の雲と
584 なり、雨を降らせてダムに水を貯える。

585 ダムの水が下に落ちて、その重力エ
586 ネルギーが、水の運動エネルギーに代
587 り、発電機を通して電気ばねのエネル
588 ギーに変えるのが、水力発電だ。

589 太陽光は、地表の分子に衝突して熱
590 し、地表近くの空気は、運動エネルギー
591 を得て温度や気圧が変わり、風となっ
592 て風車の羽根を回し、風力発電する。

593 農産物や果樹は太陽光で育つ。太陽
594 光の電気エネルギーが、稲の実に移り、

595 その中の炭水化物やたんぱく質の炭素
596 の電気ばねエネルギーとなる。それを
597 食べて、脳や体を動かして働く。

598 太陽光エネルギーは森林を育て、空
599 中の二酸化炭素から炭素を分離し、樹
600 木の炭素電気ばねのエネルギーにする。
601 その1部は土に埋もれて石炭や石油に
602 なり、燃えると二酸化炭素になる。

603 太陽光のエネルギーは、主に海水の
604 水分子の運動エネルギーとなり、海水
605 温が上がる。海水温の放熱は、地球周り
606 の二酸化炭素(温暖化ガス)で妨げられ、
607 平均気温や海水温が上がる。

608 温度上昇の結果、集中豪雨や異常高
609 温などの30年に1度の筈のエネルギ
610 ー異変が、1年に何度も起こる。

611 太陽内の核融合力エネルギーが、太
612 陽光となり、農産物のカロリーになり
613 人々を育み、太陽光や風水力発電のエ
614 ネルギーとなり、生活をささえる。

615

616 A 8. エネルギー革新と文明革命

617
618 人類はエネルギー革新をして文明改
619 革を行い、文化を向上させてきた。

620 第 1 のエネルギー革新。 古代、木を
621 燃やしてその中の炭素の電気ばねエネ
622 ルギーを火に変えて、人間らしい生活
623 を始めた。火による文明改革だ。

624 第 2 のエネルギー革新。 18 世紀から
625 19 世紀にかけて、石炭の炭素まわりの
626 電気ばねエネルギーを蒸気の運動エネ
627 ルギーに変え、それでピストンを動か
628 し、仕事をさせた。産業革命である。

629 19 世紀には、石油の電気ばねエネ
630 ルギー利用や、発電機による電気エネ
631 ルギー利用で、エネルギー利用が進み、20
632 世紀には GDP が急増。

633 一方、石油や石炭などの産業による
634 鉱害や公害が蔓延。先進国では、かなり
635 公害を減らしたが、まだまだエネルギ
636 ー起因の空気や水の汚染が深刻だ。

637 第 3 のエネルギー革新。 20 世紀半
638 ば、人類はついに原子力（核）ばねエネ
639 ルギーを取り出すことに成功し、超々
640 微小の核ばねだが、超々巨大なクリー
641 ンエネルギーの活用が実現した。

642 先進国では、電力の 3-7 割が原子力
643 で、エネルギー供給や廃棄物の問題は
644 改善しつつある。日本では、官民学で脳
645 体心の理解が進まず、科学不在の風評
646 や炭素シフトの被害が深刻だ。

647 太陽光エネルギーはもともと太陽内
648 の原子（核）エネルギーで、それによる
649 風水力も、脱炭素のクリーンな原子力、
650 これからの発展が期待されている。

651 第 4 のエネルギー革新。 20 世紀末か
652 ら 21 世紀にかけて、IT（情報技術）が
653 発達し、電波エネルギー革新による情
654 報革命がおこった。

655 DX と AI により、スマホなどの電波
656 を媒介にして、いつでもどこでも情報
657 交換が可能になり、一気に省エネルギー

658 一化と脱炭素化が進みつつある。

659 これらのエネルギー革新によって、
660 文明が一気に向上し、人々の日常生活
661 や生産活動は一変した。スイッチを押
662 すだけで料理、洗濯、掃除ができ、スマ
663 ホさえあれば世界の情報にアクセスし、
664 山荘で仕事ができる。

665 一方で、エネルギーに起因して大き
666 な負の連鎖が始まった。石油などの化
667 石燃料エネルギーの大量使用で地球温
668 暖化による異常気象や山火事の被害は
669 増加の一途をたどり、GDP 急拡大で公
670 害と格差拡大の被害は益々深刻化。

671 日本は科学不在の「原子力から石炭
672 火力」へのシフトを改めず、デジタル化
673 の遅れで生産性が上がらない。

674 エネルギー革新によって、文化と文
675 明を向上させてきたが、多くの問題を
676 生んでいる。エネルギー問題の対応を
677 誤ると人類や地球を亡ぼしかねない。

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

B. 原子力の 正体と実態は そうだったのか

695 B1. 原子核と原子力の登場

696

697 全ての物はたくさんの原子からでき
698 ている。金の原子が1兆の1兆倍くら
699 い集まると200グラムの金塊になる。
700 銅の原子が同じくらい集まると60グ
701 ラムの銅板になる。

702 1つの酸素原子と2つの水素原子が
703 合わさると1つの水分子になり、水分
704 子が1兆の1兆倍くらい集まるとコッ
705 プ1杯くらいの水になる。

706 世の中に100種類くらいの原子があ
707 る。金や鉄は1種類の原子がたくさん
708 集まって、動植物や石油などはいくつ
709 かの種類の原子からなる分子がたくさ
710 ん集まってできている。

711 原子や分子の中では、いくつかの電
712 子が動いている。酸素の原子内には8
713 個の電子が、銅の原子内には29の電子
714 が、金の場合は79の電子が動いている。

715 電子には電気の力が作用し、電気の

716 ばねがあり、その中にはばねの電気エネ
717 ルギーがある。たき火、石油、食料、弓、
718 ゴム紐などには、電気ばねがあり、その
719 電気エネルギーを活用する。

720 20 世紀初めになり、原子の中心に 1
721 兆分の 1 センチメートルくらいの超微
722 小な原子核があることがわかった。そ
723 れは原子の 1 万分の 1 くらい小さい固
724 い粒だ。その中に核ばねがあり巨大な
725 原子力（核）エネルギーがある。

726 原子内の電気ばねのエネルギーと原
727 子核内の原子力（核）ばねのエネルギ
728 のことは、前篇のエネルギーの所で簡
729 単ふれた。本篇では、その正体と実態、
730 活用方、種々の問題などについてわか
731 りやすくのべる。

732 超微小な原子核は、いくつかの中性
733 子と陽子からなる。陽子にはプラスの
734 電気があり、中性子には電気がない。酸
735 素の原子核は、8 つの陽子と 8 つの中
736 性子からなり、したがって酸素の原子

737 核は 8 のプラス電気がある。酸素の原
738 子にはマイナスの電気を持った電子が
739 8 個あり、プラス 8 の原子核と合わせ
740 て電気は 0 だ。金の原子核は 79 の陽子
741 と 118 の中性子からなり、金の原子に
742 は 79 の電子がある。

743 原子内の中心の原子核のプラス電気
744 と、周りの電子のマイナス電気は、電気
745 の力で引き合って、そこに電気のばね
746 があり、電気エネルギーがある。

747 一方、原子核内の中性子と陽子は核
748 力という新型の力で引き合っている。
749 核力は、陽子と陽子、陽子と中性子、中
750 性子と中性子の間でほぼ同じで、電気
751 の力よりも数桁大きい。

752 全てのものは、微小な原子からなり、
753 原子内には、超微小な原子核があり、そ
754 の中で陽子と中性子が核力という強力
755 な力で固く結びあっている。

756

757

758 B2. 強い核力と原子力エネルギー

759

760 原子核内では、強い核力の作用によ
761 って核力のばねができ、そこに原子力
762 (核) エネルギーがある。

763 核力と核エネルギーは、電気の場合
764 と同じように、核場とそのエネルギー
765 で説明できる。陽子や中性子の周りには、
766 核場というエネルギー場があり、その
767 場に別の中性子や陽子が来ると核エ
768 ネルギーが生まれる。その場のエネル
769 ギーを伝達するのが中間子だ。

770 中間子は、湯川博士が大阪大学で第
771 二次大戦前に予言し、後に実証せれ、ノ
772 ーベル賞を授与された。

773 核ばねの原子力(核)エネルギーは、
774 核力の強さを反映して、電気ばねのエ
775 ネルギーより 3-6 桁大きい。

776 原子核という超微小空間で、いくつ
777 かの陽子や中性子は、超々強力な核場
778 の力で結びあっている。そのエネルギ

779 ーは、原子内の電子の電気エネルギー
780 より 3-6 桁くらい大きい。

781 ある原子核とある原子核が衝突して
782 核反応を起こして原子力(核)エネルギー
783 が発生する場合がある。そのエネル
784 ギーは、数百万から数千万電子ボルト
785 くらいだ。1電子ボルトは1電子が1
786 ボルトの電圧にあるエネルギーの単位
787 だ。原子の化学反応のばあいの電気エ
788 ネルギーより6桁くらい大きい。

789 原子核反応を引き起こすには、大き
790 なエネルギーが必要だ。そのエネルギ
791 ーも、原子同士の化学反応のエネルギ
792 ーより5-7桁くらい大きい。

793 原子内でも、電子が高い電気エネル
794 ギーの状態にあるばあいや、高所のダ
795 ムの水が下流の川よりも重力エネルギ
796 ーが高い状態にあるように、原子核内
797 の陽子や中性子が、高い核エネルギー
798 の状態にあるばあいがある。

799 実際のエネルギー量は、原子内の高

800 いエネルギー状態にある電子の電気エ
801 ネルギーは、1水分子が100メートル
802 の高さのダムにあるばあいの重力エネ
803 ルギーに比べて、1万倍くらい大きい。

804 一方、原子核内の高いエネルギー状
805 態にある陽子や中性子の原子力エネ
806 ルギーは、ダムの1水分子のエネルギー
807 の100億倍くらい大きい。

808 高い重力エネルギーの状態にある水
809 のエネルギーを利用するのが水力発電、
810 高い電気エネルギーの状態にある石油
811 分子の電子の電気エネルギーを利用す
812 るのが火力発電、高い核エネルギーの
813 状態にある原子核のエネルギーを利用
814 するのが原子力発電だ。原子核から放
815 出される放射線が放出され放射線のエ
816 ネルギーも原子力エネルギーである。

817 原子核内の陽子や中性子は、強い核
818 力ばねで結びあい、原子力(核)エネ
819 ルギーがあり、原子力として活用される。

820

821

822 B3. 原子核融合反応と太陽

823

824 太陽は、永遠に燃え続ける超巨大な
825 エネルギーの塊だ。その源は原子力(核)
826 エネルギーである。

827 太陽の中心は 1600 万度くらいの高
828 温で、密度は水の 160 倍くらい、圧力
829 は 2000 億気圧、すなわち超高温、超高
830 密度、超高压の状態にある。

831 そこでは 4 つの水素の原子核、すな
832 わち 4 つの陽子は高速で相互に接近し
833 て融合し、ヘリウムの原子核になる。太
834 陽内の核融合反応の最初の段階の融合
835 は、「弱い力」の作用で起こる。

836 反応をおこす力が大変弱いので、ゆ
837 っくりと時間をかけて反応が進む。太
838 陽の全陽子が一瞬に融合することなく、
839 数十億年にわたってゆっくり燃え続け
840 るのは、反応を起こす力が弱いからだ。

841 4 つの陽子の質量の和は、ヘリウム核

842 の質量より 0.7% くらい重い。質量エネ
843 ルギーで表すと、融合前の 4 陽子の質
844 量のエネルギーは 40 億電子ボルトく
845 らいで、その千分の 7 の 3 千万電子ボ
846 ルトくらいの質量エネルギーが、核融
847 合エネルギーとして開放される。

848 石油などが燃える反応では石油の 10
849 億分の 1 くらいの質量エネルギーが、
850 燃焼エネルギーとして開放される。

851 核融合の結果、ベータ線（エネルギー
852 の高い電子線）やガンマ線（エネルギー
853 の高い光線）やニュートリノ線（電気
854 のない電子線）が放出される。核融合エネ
855 ルギーは、これらの放出粒子の運動エ
856 ネルギーになる。同じような高エネ
857 ルギー線は、放射性原子核からも放射線
858 として放出される。

859 太陽の中心部の融合反応で放出され
860 たニュートリノは、電気がないので太
861 陽を通り抜けて太陽外に放出され、一
862 部は地球に達する。ガンマ線やベータ

863 線は太陽内で水素原子などと衝突を繰
864 り返し、エネルギーを失い止まる。

865 ガンマ線やベータ線の衝突の過程で、
866 太陽は核癒合エネルギーを得て温まる。
867 その熱はやがて太陽表面に達し、6400
868 度くらいの高温の太陽表面から太陽光
869 となって四方に放出される。

870 太陽光エネルギーは、そのもとは核
871 融合による原子力(核)エネルギーで、
872 それが熱エネルギーになり、それが輻
873 射光エネルギーになったものである。

874 太陽系には 8 つの惑星があるが、い
875 ずれも高温ではなく、太陽のように自
876 ら核融合反応で燃えない。輝いて見え
877 るのは、太陽光を反射しているからで
878 ある。月の光も太陽光の反射による。宇
879 宙には太陽のように燃えて輝いている
880 恒星は、星も数ほどある。

881 太陽も恒星も中心が高温高密度で、
882 核融合によって原子力エネルギーが発
883 生し、それで熱せられて輝いている。

884 B4. 原子核分裂

885

886 超高エネルギーの塊の重い原子核が
887 2つに分裂するばあい、その質量エネル
888 ギーの1部が核分裂エネルギーとして
889 開放される。それを悪用したのが原爆
890 で、有効利用したのが原子力発電だ。

891 ウラニウム核は炭素核の20倍く
892 らい、水素核の240倍くらい重い。そ
893 れが2つに分裂すると、分裂後の核の
894 質量の和は、分裂前のウラニウム核
895 の質量より千分の1くらい少なくなる。
896 その余分の質量のエネルギーが解放さ
897 れ、分裂片の運動エネルギーとなる。

898 核分裂ででるエネルギー量は、2億電
899 子ボルトくらいで、同じ重さの石油の
900 燃焼（化学）反応エネルギーの200万
901 倍くらい多いことは第1編でのべた。

902 最初に原子核分裂を発見したのはド
903 イツの原子核物理学者ハーンで、1938
904 年。それが驚異のエネルギーを生み、そ

905 れをナチスが爆弾に使うことを危惧し
906 たアインシュタインは、アメリカの大
907 統領に至急に原爆開発を進言した。

908 多く科学者が協力して 1945 年 7 月
909 に原爆完成。その時、ナチスは既に滅び、
910 日本軍も殆ど壊滅状態だったが、アメ
911 リカは 8 月に広島と長崎に投下、民間
912 人が 20 万人が犠牲になった。

913 一方、同じアメリカでフェルミは
914 1942 年にある核の核分裂が隣の核を
915 分裂させ、次々に分裂が続く連鎖反応
916 に成功し、原子力エネルギーが有効利用
917 できることを示した。

918 戦後の 1952 年に原子炉を使って原
919 子力発電が実用化され、クリーンエネ
920 ルギーとして世界各国で活用中だ。

921 石油の燃焼では、ある部分の石油に
922 点火すると、その熱エネルギーで周り
923 の石油が点火され、次々に燃え広がる。
924 石油ストーブでは、石油を細い管を通
925 してゆっくり供給して徐々に燃す。

926 ウラニウム核内では、2つの核片 A
927 と B がエネルギーの高所にあり、堰で
928 止められている。そこに中性子という
929 点火が飛び込むと、堰が切れて A 核と
930 B 核に分裂し、A と B はエネルギーの
931 高所から落下し、高速で飛び出す。その
932 さい、新たに2つの中性子が放出され
933 る。核分裂エネルギーは高速の分裂核
934 A と B の運動エネルギーになる。

935 天然にあるウラニウム核の1%弱
936 がウラニウム 235 という核分裂を起
937 こしやすい核だ。それをたくさん集め
938 て、あるウラニウム 235 の核分裂の
939 際にでた中性子で周辺のウラニウム
940 235 核を点火し、核分裂させる。

941 原子炉では、ウラニウム燃料体の
942 なかに中性子の吸収棒を挿入し、中性
943 子の量を減らし、ゆっくり点火しなが
944 ら徐々に核分裂を起こさせ、核分裂エ
945 ネルギーを制御しながら取り出す。

946

947 B5. 原子力発電のしくみ

948

949 太陽内の原子核融合反応による原子
950 力エネルギーが太陽光となって、地球
951 とすべての生命体を支えている。

952 一方、炭素原子と酸素原子が融合す
953 る化学反応による電気エネルギーが、
954 火や火力発電となり、近代文明を支え
955 てきた。しかしそれは、エネルギーと共
956 に、大量の温暖化ガスを排出し、地球と
957 人類を滅ぼそうとしている。

958 20世紀半ばに発見された原子核分裂
959 による原子力エネルギーは、直ぐに実
960 用化され、現代文明を支えている。

961 ウラニウム原子核分裂のエネルギー
962 を利用する原子力発電の仕組みは、
963 火力発電や水力発電と同じだ。

964 ウラニウム核 U はエネルギーの高
965 い状態にある。それが A 核と B 核に分
966 裂すると A 核と B 核が高い原子力(核)
967 エネルギーをもって飛び出す。連鎖反

968 応で隣の核を分裂させ、次々に分裂後
969 の核が飛び出す。その運動エネルギー
970 を熱エネルギーにして水を熱し、高温
971 の蒸気にしてタービンを回し、発電機
972 を回し、電気エネルギーに変える。

973 火力発電の場合は、高い電気エネル
974 ギーの状態の炭素と酸素を合体させて
975 もやし、高速で飛び出す 2 酸化炭素の
976 運動エネルギーを熱にして蒸気を造り
977 タービンを回す。水力発電では、高所の
978 ダムの水が落下するときの水の運動エ
979 ネルギーでタービンを回し発電する。

980 原子核の分裂の際に、一部のエネル
981 ギーは放射性核を造るのに使われる。
982 放射性核は、時間をかけてゆっくりと
983 放射線を出し、周りの水を暖める。

984 ウラニウム の 1 原子核が核分裂し
985 て放出する核エネルギーは、200 万電
986 子ボルトくらいで大変大きい。この値
987 は、4 水素が融合する際の核エネルギー
988 の 7 倍、石油の一つの炭素原子が燃え

989 るさいの電気エネルギーの 4000 万倍
990 くらいだ。超エネルギー効率が良い
991 大型船一隻分の 10 万トンの石油と
992 同じエネルギーが、わずか 50 キログラム
993 のウラニウム燃料で済む。したが
994 って、燃料の争奪や輸送や備蓄などの
995 諸問題がほとんどなく、安全な燃料だ。
996 現在の発電に使用されているウラニ
997 ユウム 235 核は、天然には 1%弱しか
998 ないのを 4%程度まで濃縮して使う。
999 天然に主にあるウラニウム 238 核
1000 を核分裂させるには、高速の中性子で
1001 点火する必要がある。そのための高速
1002 増殖炉は、現在開発中だ。実用化されれ
1003 ば、現在よりもエネルギー効率は 20 倍
1004 に、核燃量は 20 分の 1 ですむ。
1005 原子力発電では、原子核内の原子力
1006 エネルギーを、核分裂で放出される分
1007 裂核片の運動エネルギーに変えて、そ
1008 れを熱エネルギーにして発電する。
1009

1010 B6. 原子力の廃棄物と放射能

1011

1012 原子力エネルギー実用にあたって、
1013 重要な問題は、1 効率、2 資源、3 廃棄
1014 物、4 安全の 4 点である。

1015 現在の原子炉のエネルギー効率は、
1016 化石燃料（石油、天然ガス、石炭）の 10
1017 万倍、高速増殖炉を使えば 200 万倍に
1018 なる。エネルギー効率は極めてよく、資
1019 源のウラニウム核の量は極少量で済
1020 み、1 と 2 の問題はクリアする。

1021 原子力の場合の主な問題は 3 の廃棄
1022 物、特に放射能廃棄物だ。この問題につ
1023 いては、科学不在の観念的な評論がお
1024 おい。科学的で具体的な議論が大事だ。

1025 ウラニウム核燃料では、燃料と同
1026 量の残留物が出る。石油などの場合、燃
1027 料の 3 倍くらいの温暖化ガスが出る。
1028 あるエネルギーを生むのに、石油燃焼
1029 後、6 トンの温暖化ガスを空中に排出
1030 するのに対し、核燃料の残留物は 1 グ

1031 ラムの個体で保管する。

1032 核燃料の残留物の 1 部 (数%) は放
1033 射性物質だが、殆どは 1 か月も立てば
1034 放射能は消滅し、放射性物質でなくな
1035 る。セシウムなどの特殊な放射性残
1036 留物は極少量なので、地下に保管する。
1037 温暖化ガスは消滅しないので、永遠に
1038 地球を暖め、悲惨な犠牲が続く。

1039 地球の鉱山にあるウラニウム核は、
1040 もともと放射性核だ。それが核燃料と
1041 して利用されることによって、99%が
1042 放射性でない核に変る。石油などは、殆
1043 どが危険な温暖化ガスになる。

1044 我が国の場合、原子力利用による犠
1045 牲者は 0 ではない。限りなく 0 に近づ
1046 けることが大事だ。福島原発では 0 だ
1047 ったが、不適切な避難によって多くの
1048 方がなくなった。たいへん心が痛む。

1049 放射線の全エネルギーは星の光線よ
1050 り弱いので、日焼けもせず熱中症にも
1051 ならない。放射線が出るには何日も何

1052 年もかかる。放射線の実態を脳体心で
1053 知らない悲劇が繰り返される。

1054 エネルギーを有効に且つ有益に利用
1055 する上で安全は必須の条件である。

1056 核燃料や廃棄物の量は、前に述べた
1057 ように、火力や水力に比べて極めて少
1058 ない。したがって、タンカー座礁による
1059 海洋汚染、痛ましい鉱山事故、エネルギ
1060 ー争奪の大戦、温暖化ガスの悲劇、ダム
1061 による自然破壊、等々とは無縁だ。

1062 原子炉運転や放射能管理の合理化、
1063 原子炉小型化、高速増殖炉の開発、など
1064 で一層の安全向上が肝要だ。

1065 安全の問題も科学的考察が必須だ。
1066 日本の場合も、世界の科学基準に基づ
1067 いた安全対策と審査を速やかに実行し、
1068 原子炉再開が急務だ。いつまでも火力
1069 シフトで、世界と地球の安全を脅かす
1070 ことは許されない。

1071

1072

1073 B7. 原子力の将来と核融合

1074

1075 原子力エネルギーについて、1. 当面の
1076 問題の解決、2. これから十年にわたる
1077 技術改良、3. 数十年の未来に向けての
1078 新技術開発の3ステップが肝要だ。

1079 当面の問題として、IT-AI活用による、
1080 安全管理の合理化と科学重視の対応が
1081 ある。これらが十分に機能していれば、
1082 福島原発の事故も、科学不在の避難に
1083 よる犠牲も防げた。また、おおくの原発
1084 の遅延と火力シフトによる温暖化の犠
1085 牲も少なくて済んだ。

1086 原発事故処理、放射性廃棄物の地下
1087 埋設、プルトニウム核燃料、等々。先
1088 進国では、科学的に対処し、世界の安全
1089 を守っている。

1090 第2のステップは小型原子炉、高温
1091 ガス原子炉、高速増殖炉などの改良型
1092 原子炉の開発で、効率や安全の面で格
1093 段の向上を目指す。これらは十分実現

1094 可能な技術で、現在進行中だが、官民挙
1095 げて一層推進することが大事だ。

1096 高速増殖炉は、ウラニウムの主成
1097 分の核を有効利用することにより、核
1098 燃料の重さ当りのエネルギー効率を 20
1099 倍向上させる有用な原子炉で、世界的
1100 に実現しかけた。冷却法など、解決する
1101 問題が多々あるが、十分克服できる。

1102 原子力(核)エネルギーの有効利用と
1103 して核融合がある。重い核であるウラ
1104 ニウム核分裂とは異なり、水素など
1105 の軽い原子核を融合させて、原子核エ
1106 ネルギーを開放させる。太陽内での核
1107 融合と同種の融合反応なので、地球上
1108 で太陽を実現することに相当する。

1109 太陽中心部では、I 部でも述べたよう
1110 に、水素核が融合して太陽エネルギー
1111 を生み出している。地球上の核融合炉
1112 で、太陽のような超高温で超高压の状
1113 態を人工的に造る。そこで高速の重水
1114 素核や三重水素核を衝突させて融合さ

1115 せ、そのエネルギーを利用する。

1116 核融合反応では、質量が 0.1 – 0.3%
1117 ほど減少し、その分の質量エネルギー
1118 である 300–1800 万電子ボルト程度の
1119 原子力(核)エネルギーが解放される。

1120 核融合反応は、20 世紀半ばに基礎研
1121 究がおこなわれ、そのご実用化にむけ
1122 て各国で開発研究にはげんでいる。

1123 フランスでは国際協同イーター計画
1124 が進行中だ。日本では原研や東大など
1125 の大学で研究中だ。いずれも太陽のよ
1126 うな高温で高密度プラズマを造り、そ
1127 の中で核融合を起こさせることを目指
1128 す。その他に強力なレーザー光で熱し
1129 て核融合を起こさせる研究がある。

1130 核融合用の重水素は海中にあるので、
1131 燃料資源の問題はない。

1132 将来、核融合が地球上で実現できれ
1133 ば、現在の核分裂の原子力と並んで、有
1134 力なクリーンエネルギー源となる。

1135

1136 B8. 原子力を脳体心で解って共存

1137

1138 原子力エネルギーは 2030 年代末に
1139 科学の世界に登場、2050 年代はじめに
1140 実用化された。それ以来、各産業や日常
1141 生活にひろく活用されている。

1142 現代文明は、デジタル化や AI をはじ
1143 め、主に電力による。そのもとは、ウラ
1144 ニュー核分裂の原子力、太陽光やそれ
1145 による風力や水力、化石燃料による火
1146 力だ。先進国では、20-30%くらいが
1147 原子力エネルギーで、核融合による太
1148 陽光と共に、クリーンエネルギーとし
1149 て有効利用されている。

1150 原子力の一層の安全向上は当然だが、
1151 わが国の科学無視の火力シフトは危険
1152 極まりない。地球の温暖化による、世界
1153 の異常高温、集中豪雨、山火事、等々の
1154 被害は深刻だ。早急にクリーン原子力
1155 (核分裂、核融合=太陽)にもどること
1156 が世界から求められている。

1157 太陽光の基は原子力でクリーンエネ
1158 ルギーだが、それが昼夜のエネルギー
1159 需要を満たすまで、何十年も化石燃料
1160 シフトを続けることは許されない。勿
1161 論、明日から電力供給を20%減らすこ
1162 とはできない。膨大の犠牲者をだす。

1163 現在の原子力の理解と発展が必要だ
1164 が、そのためには、その正体と実態を脳
1165 体心でわかることが肝要である。

1166 原子力利用の担当者は、その基礎で
1167 ある量子物理や素粒子核物理を脳と体
1168 で十分に理解し、それらを使いこなす
1169 ことが必要だ。必ずしもそうでない専
1170 門家が少なくないが、大学における徹
1171 底した原子力基礎教育が大事だ。

1172 世界の先進国では、それなりに原子
1173 力や地球の安全に理解が進み、火力を
1174 控える方向に向かっている。特にフラ
1175 ンスでは、放射能を発見したキューリ
1176 ー夫人以来、原子力教育が行き届き、
1177 70%位の電力がクリーン原子力だ。

1178 一方、日本では、特に 3.11 以来、原
1179 子力を避けることに重点が置かれ、そ
1180 の理解があまり進んでいない。

1181 現在、大多数の人々が原子力エネル
1182 ギーを使いながら生産活動や日常生活
1183 を営んでいる。しかしほとんどの人は、
1184 その正体や実態を高校できちんと学ん
1185 でいないし、体でもわかっていない。

1186 火力の場合、触れば熱く、燃せば煙
1187 が出ることは、ほとんどの人がわかっ
1188 ている。それでも多くの人々が火傷の経
1189 験があり、毎年火事で 10 万人くらいの
1190 死傷者があり、世界大戦では数千万の
1191 方が火のエネルギーで犠牲になった。

1192 中学・高校での原子力の体験教育が
1193 望まれる。知らないとな犠牲が増える。

1194 原子力安全の基本は、その正体と実
1195 態を、脳でよく理解し、体で種々の体験
1196 を積み、心で納得することだ。

1197

1198

1199

1200

1201

C. 放射線の 正体と実態は そうだったのか

1202

1203

1204

1205

1206

1207

1208

1209

1210

1211

1212

1213

1214

1215

1216 C1. 放射線の正体

1217

1218 放射線は放射性核から放出される。
1219 放射線を太陽光線とすれば、放射性核
1220 は太陽に相当。太陽光や太陽は、大昔から
1221 知られ、その恩恵を受けている。

1222 放射線と放射性核が科学の世界に登場
1223 するのは19世紀末からで、その前ま
1224 では全く知られていなかった。実は、放
1225 射線も放射性核も太陽光や太陽のよう
1226 に地球のはじまりから存在していた。

1227 第二次大戦後、原子力や放射線利用
1228 が急速にすすみ、放射線と放射性核が
1229 日常の世界に登場した。80年前のこと
1230 だが、紫外線やX線に比べると「新顔」
1231 で、いまだに得体が知れていない。

1232 日常の放射線や放射性核は、太陽光
1233 や太陽に比べて、極めて微量なので、
1234 人々はその存在にきがつかない。

1235 放射線は、太陽光線のように四方に
1236 放出されるエネルギー線で、主なもの

1237 はガンマ線とベータ線である。

1238 ガンマ線の正体は太陽光線と同じ光
1239 の線だが、波長が大変短い。

1240 太陽光線には、赤外線、可視光線、紫
1241 外線がある。可視光は波長が目にマッ
1242 チしているので見える。赤外線は波長
1243 が長すぎて、紫外線は短すぎて人の目
1244 には見えないが、赤外線は暖かく、紫外
1245 線は日焼けするので、肌でわかる。

1246 ガンマ線は超々短い波長の光線で、
1247 波長は紫外線の波長の1万分の1くら
1248 いだ。レントゲンに使うX線の波長は、
1249 紫外線より短くガンマ線より長い。

1250 光線は、光子という粒子から成り、光
1251 子のエネルギーは、波長に反比例し、波
1252 長が短いほどエネルギーが高い。

1253 可視光線とガンマ線の光子のエネル
1254 ギーは、それぞれ、数電子ボルトと数百
1255 万電子ボルトくらいだ。ガンマ線は超
1256 高エネルギー光線である。

1257 テレビやスマホの電波は、光線の仲

1258 間だが、波長が赤外線より何桁も長く、
1259 光子のエネルギーは何桁も小さい。

1260 光線を光子のエネルギーで分類して、
1261 紫の右の紫外線のはるか右にあるのが
1262 ガンマ線で、赤外線のはるか左にある
1263 のが電波。どれも正体は「光」だ。

1264 放射線の一種であるベータ線はエネ
1265 ルギーの高い電子である。電線の中を
1266 電子が動くとき電気が流れ、蛍光灯の中
1267 の電子が動くとき光がでる。電子は電気
1268 を持った微粒子でよく知られている。

1269 ベータ線の電子は日常の電子より数
1270 万倍エネルギーが高く、数百万電子ボ
1271 ルトくらいで、ガンマ線と同程度だ。

1272 放射線には、電気がない電子である
1273 ニュートリノや、ヘリウム原子核であ
1274 るアルファ線があるが、いずれもエネ
1275 ルギーが高く、目には見えない。

1276 主な放射線の正体は、個々のエネル
1277 ギーの超々高い光線と電子線だ。

1278

1279 C2. 放射能と放射性物質の実態

1280

1281 ガンマ線やベータ線などの放射線を
1282 放出している物質がある。放射線を出
1283 す能力を放射能といい、その能力のあ
1284 る物を放射性物質という。放射線が目
1285 に見えないように、放射性物質も目
1286 に見えないので、わかりづらい。

1287 全ての物は、第II編で述べたように
1288 たくさんの分子や原子からなる。アル
1289 コールは、たくさんのアルコール分子
1290 から、鉛はたくさんの鉛原子からなる。

1291 原子は1億分の数センチメートルく
1292 らいで超小さい。原子の周りにはたく
1293 さんの電子があり、電子が動くと光が
1294 である。その動き方で、太陽からは種々の
1295 光線が、アンテナからは種々の電波が
1296 放出される。どれも「光」の仲間だ。

1297 原子の中心に1兆分の1センチメー
1298 トルくらの超々小さい原子核がある。
1299 原子核の中には放射性核という特別な

1300 原子核があり、その内の陽子や中性子
1301 が動くとガンマ線やベータ線という放
1302 射線がでる。放射性物質には、放射線
1303 を出す放射性核がたくさんある。

1304 カリウムは、野菜などにあるたいせ
1305 々な栄養素だ。カリウムの原子内にあ
1306 る原子核に、ごく少量だがカリウム 40
1307 という特殊な放射性原子核がある。

1308 カリウム 40 はガンマ線とベータ線
1309 というエネルギーの高い光と電子を放
1310 射している。人体にはカリウムがあり、
1311 その 1 部は放射性核のカリウム 40 だ。
1312 人々は、自分の体内の放射核からの放
1313 射線を浴びながら暮らしている。

1314 コバルトはスマホの電池や磁石など
1315 に使われる有用な金属だ。天然にある
1316 コバルトの原子内にある原子核は放射
1317 性核ではないが、天然のコバルト核か
1318 ら人工的にコバルト 60 という放射性
1319 原子核を造ることができる。コバルト
1320 60 からは、ガンマ線とベータ線が放射

1321 され、工業や医療に活用されている。
1322 ウラニウム金属のウラニウム原
1323 子内にあるウラニウム 235 とウラニ
1324 ユウム 238 は放射性核で、アルファ線、
1325 ベータ線、ガンマ線が放射される。
1326 原子力燃料として利用されているの
1327 はウラニウム 235 だ。同じ重さの石
1328 油に比べて 200 万倍のエネルギーが有
1329 効活用されることは第 II 編でのべた。
1330 ウラニウム燃料の場合、廃棄物と
1331 してセシウム 137 などの若干の放射
1332 性核（物質）ができる。
1333 太陽は巨大な放射性核（物質）だ。太
1334 陽の中心では水素の原子核が融合し、
1335 種々の放射性核が生成され、種々の放
1336 射線が放出される。第 I 編でのべたよ
1337 うに、放射線で太陽内が温められ、高温
1338 の太陽表面から太陽光が放射される。
1339 太陽エネルギーのものは、原子力（核
1340 融合）なので、太陽光は温暖化ガスを出
1341 さず、クリーンエネルギーである。

1342 C3. 放射線をだす弱い力と半減期

1343

1344 「力」の作用で物が動き変わる。ダム
1345 の水は重力（地球の引力）が作用して落
1346 下する。ロケット燃料内の電気ばねの
1347 力で、ロケットが上がる。原子核内の核
1348 力ばねの力で、原子力エネルギーが生
1349 れ、発電に利用される。

1350 放射線が放出されるのは「弱い力」に
1351 よる。放射性核は、高所のダムの水のよ
1352 うに、エネルギーが高い状態にある。

1353 エネルギー高所に上げているのが強
1354 い力の核力（原子力）だ。弱い力がダム
1355 の水門の開閉をする。力が弱いので、休
1356 み休み時々開閉する。

1357 放射線のエネルギーのものは、原子
1358 核力（強い力）のエネルギーだ。したが
1359 って、ガンマ線やベータ線のエネルギ
1360 ーは、蛍光灯の光線や乾電池の電気の
1361 エネルギーより百万倍くらい高い。

1362 一つのコバルト 60 核（放射性核）か

1363 らは 2 つのガンマ線が放出される。そ
1364 れぞれ 100 万電子ボルトくらいで、赤
1365 色の光より 100 万倍エネルギーが高い。
1366 但し、放射線を放出するには 5 年くら
1367 いかかる。電灯はスイッチを入れると、
1368 電気ので瞬時に光が放出される。

1369 原子力発電の場合、放射性物質が残
1370 り、その取り扱いには注意を要する。そ
1371 の中で、セシウム 137 という放射性
1372 核は、主に 67 万ボルトのエネルギーの
1373 ガンマ線を放出する。放出には 30 年程
1374 度の期間をようする。

1375 放射性核が放射線を放出すると、放
1376 射性核でなくなる。このことを放射性
1377 変換という。高所のダムの水も、水門が
1378 開いて下に落下すると、低地の水にな
1379 り、それ以上落下しない。

1380 コバルト 60 の放射性核が 1000 個あ
1381 る場合、5 年くらいたつと、その半分の
1382 500 個くらいが放射性変換をしてニッ
1383 ケル 60 核になる。残り半分の 500 個く

1384 らいの放射性核はまだ高所にある。
1385 更に 5 年たつと、500 の半分の 250
1386 くらいのコバルト 60 核は放射線を出
1387 してニッケル 60 核になる。したがって
1388 コバルト 60 核の数は 250 くらいにな
1389 る。こうして 5 年位たつごとに放射性
1390 核の数は半減する。半減するのに要す
1391 る年月を半減期という。コバルト 60 核
1392 の半減期は 5 年程度だ。
1393 セシウム 137 核の半減期は、30 年
1394 程度で、30 年位たつと半分のセシウム
1395 137 は放射線を出してバリウム 137
1396 という放射性でない原子核になる。60
1397 年たつと半分の半分で 4 分の 1 だ。
1398 世の中には数時間の半減期でどんど
1399 ん減る放射性核もあれば、1 億年の半減
1400 期で殆ど減らない放射性核もある。
1401 放射線は、半減期くらいの時間をか
1402 けてゆっくり放出され、やがて放射能
1403 はなくなる。居座った線状降水帯から
1404 何度も襲う集中豪雨とは全く違う。

1405 C4. 放射性核の量と放射線の強度

1406
1407 放射性変換の頻度や放射線の強度を
1408 表すのにベクレルという単位を使う。
1409 ある量の放射性核（物質）があり、放射
1410 性変換が毎秒 1000 回起こる場合、1000
1411 ベクレルの強度の放射能があるという。

1412 一つの放射性核が放射性変換で一本
1413 の放射線を放出する場合、放射性変換
1414 の数と放射線の数と同じになる。1000
1415 ベクレルの放射能の場合、放射線の強
1416 度は、毎秒 1000 になる。

1417 放射線の強度は放射性核の数が多い
1418 ほど強い。また半減期が短いほど、短時
1419 間で放射線が出るので、1秒あたりの
1420 放射線の数（放射線の強度）がおおい。

1421 放射線の強度は、その時の放射性核
1422 の数を半減期で割った値の 0.7 倍くら
1423 いた。半減期が 1 年（約 3 千万秒）の
1424 放射性核が 15 億個ある場合、放射線の
1425 強度は 15 億を 3 千万で割って 0.7 を掛

1426 けて 35 ベクレル。毎秒 35 本くらいの
1427 放射線が放出される。1 年後には放射性
1428 核の数は半減して 7 億 5 千万くらいに
1429 なり、放射線の強度も半減して毎秒 17
1430 本くらいになる。

1431 半減期が 10 日の放射性核から 50 ベ
1432 クレル（毎秒 50）の放射線が放出され
1433 るばあい、その放射性核の数は、強度
1434 （50）に半減期（10 日 = 3600 秒 × 24
1435 時間 × 10 日 = 864000 秒）を掛けて 0.7
1436 で割った値の 620 万くらいになる。

1437 はじめに 620 万個の放射性核がある
1438 と、毎秒 50 くらいの放射線が放出され、
1439 10 日後には、放射性核の数は半分の
1440 310 万くらいになり、放射線の強度も
1441 毎秒 25 くらいに半減する。10 日ごと
1442 に半減し、100 日もすれば放射線の強
1443 度も放射性核の数もはじめの千分の 1
1444 くらいに減り、1 年後には放射性核は
1445 殆どなくなり、放射能もなくなる。

1446 個々の放射線は、エネルギーが高い

1447 ので簡単に計数できる。したがって、放
1448 射線の強度は、放射線を一つ一つ計れ
1449 ばわかり、半減期もある時間後にどの
1450 くらい減るかを計ればわかる。それを
1451 用いて放射性核の数もわかる。

1452 日常の電球の光の強度はワットで表
1453 し、物質の量はグラムで表す。それにな
1454 らってガンマ線の強度や放射性物質の
1455 量もワットやグラムで表せる。

1456 コバルト 60 の放射線の強度が 50 ベ
1457 ルレ、コバルト 60 核の数が 10 億の場
1458 合、ガンマ線の強度は 1 兆分の 20 ワッ
1459 ト、コバルトの量は 1 兆分の 10 ミリグ
1460 ラムくらいになる。

1461 放射線の強度や放射性核物質の重さ
1462 は、日常の光線の強度や日常の物質の
1463 重さの 1 兆分の 1 くらい超々微量だ。

1464

1465

1466

1467

1468 C5. 放射線エネルギーの実態

1469

1470 放射線の利用や安全で重要なのは、
1471 個々の放射線の固有エネルギーと放射
1472 線全体の全エネルギーである。

1473 日常よく利用される放射線であるガン
1474 マ線は、基本は「光」の線で、光子と
1475 いう光の粒子が光速で飛ぶ。太陽光線
1476 のばあいも光子が飛んでくる。

1477 ガンマ線と太陽光線の大きな違いは、
1478 個々の光子の固有のエネルギーにある。
1479 エネルギーを電子ボルト、すなわち 1
1480 ボルトの電圧にある電子のエネルギー
1481 の単位で表すと、ガンマ線の光子のエ
1482 ネルギーは数百万電子ボルトで、可視
1483 光線の光子は数電子ボルト程度だ。ガ
1484 マ線の光子エネルギーは、日常の光
1485 の光子エネルギーより 5-6 桁大きい。

1486 ベータ線の個々の粒子である電子の
1487 エネルギーも数百万電子ボルトで、日
1488 常の電池や電灯の電気の電子のエネル

1489 ギーより 5-6 桁大きい。

1490 個々の放射線の光子や電子のエネル
1491 ギーが 5-6 桁大きいのは、そのエネル
1492 ギーが原子(核)力に由来するからであ
1493 ることは、第 2 編に書いた。

1494 全放射線の全エネルギーの強度、す
1495 なわち、1 秒当たりの全エネルギーは、
1496 放射線の強度(1 秒当たりの光子の数)
1497 による。100 ベクレルの放射性(核)物
1498 質からは、毎秒 100 個の放射線(ガン
1499 マ線の場合は高エネルギー光子)が放
1500 射されている。したがって個々の放射
1501 線のエネルギーの 100 倍のエネルギー
1502 が毎秒当りの全エネルギーの強度だ。

1503 放射線を 8 時間にわたって浴びるば
1504 あい、3600 秒の 8 倍の 3 万秒に放射線
1505 の強度(毎秒当りの放射線の数)をかけた
1506 た数が 8 時間の全放射線数になる。

1507 放射線の全エネルギーは個々の放射
1508 線の固有エネルギーに放射線の強度
1509 (毎秒当りの放射線数)と秒で表した

1510 時間を掛けた値になる。

1511 相当強い 1200 ベクレルの放射性物
1512 質から 1メートルに近さにいると、1平
1513 方メートル当たり 100 ベクレル（毎秒
1514 100 個）の強度の放射線をうける。

1515 放射線の全エネルギーの強度は、
1516 個々の放射線が 2 百万電子ボルトのば
1517 あい、それに 100 をかけて、毎秒 2 億
1518 電子ボルト、百万分の 1 ジュールだ。

1519 太陽光の場合、晴れの日には 1 平方メ
1520 ートル当たり 1 キロワット、強力な電
1521 子レンジ並みだ。毎秒 1000 ジュール、
1522 8 時間あびると太陽光の全エネルギー
1523 は 300 万ジュールくらいになる。

1524 通常の放射線と太陽光線をくらべると、放射線の光子の固有エネルギーは 5
1525 桁くらい大きいが、光子数は 20 桁くら
1526 い少ないので、放射線の全エネルギー
1527 は 15 桁くらい小さく、全く感じない。
1528

1529

1530

1531 C6. 放射線の特徴と利用

1532
1533 ガンマ線やベータ線などの放射線の
1534 正体は、蛍光灯の光線や電子と同じ光
1535 であり電子だが、実態は全く異なる。同
1536 じ雨でも霧雨と集中豪雨では雨の強さ
1537 の実態と被害は大変違う。

1538 放射線は、日常の光線や電子と全く
1539 違う特徴がある。それを生かし有効活
1540 用することによって、放射線利用によ
1541 る文明革新が行われてきた。

1542 放射線のガンマ線は、個々の光子の
1543 固有エネルギーが百万電子ボルト程度
1544 で、日常の光線の個々の光子より百万
1545 倍も大きいので、その特徴生かして各
1546 方面に利用されている。

1547 安全上大切なことは、放射線の強度
1548 (毎秒当りの放射線数=光子数)が多
1549 くならないようにして、固有エネルギ
1550 ー E に時間当たりの放射線数 N をかけ
1551 た全エネルギー強度 $S = E \times N$ を十分お

1552 さえることだ。雨でも要注意は雨の強
1553 度（時間当たりの全雨量）だ。

1554 病院には内科や外科と並んで放射線
1555 科があるばあいが多い。そこでは各種
1556 の放射線が利用されている。ガンマ線
1557 は個々のエネルギーが高いので、体
1558 の中まで侵入し、体を切らずに癌などの
1559 検査や治療に使われている。X線とあ
1560 わせて医療利用が盛んだ。

1561 体内の癌細胞に集まった放射性物質
1562 から放出されるガンマ線を計って、が
1563 んの場所がわかる。ガンマナイフは体
1564 を傷つけずにガンマ線を照射して患部
1565 を切りとる。

1566 ガンマ線は、溶鉱炉の内部などの検
1567 査や半導体の製造加工など、現代の産
1568 業にも広く活用されている。

1569 現代の農業にも、ガンマ線は必需品
1570 だ。ガンマ線は、細胞などの分子の周り
1571 にある電子に衝突して、電子を動かし、
1572 細胞に作用する。

1573 生物内の DNA は放射線の作用を受
1574 けて変化するので、品種改良や殺菌に
1575 広く活用されている。害虫の除去も放
1576 射線が大変有効だ。

1577 放射線の中でアルファ線は、ガンマ
1578 線とベータ線と異なり物体の中に入り
1579 込まないが、煙などを感知する火災報
1580 知機などにひろく利用されている。昔
1581 は夜行時計の発光に使われた。

1582 放射線が、理学、工学、医学、農学、
1583 などなどの科学研究に必須である。

1584 放射線利用するばあい、目的に応じ
1585 て、放射性物質を人工的に造ることが
1586 できる。主に原子炉や加速器などが放
1587 射性物質の製造に使われる。

1588 最近は、個々のエネルギーの高い光
1589 線や電子線を加速器で造り、医療、産業、
1590 科学などに利用されている。

1591 20 世紀に登場した放射線は、現代の
1592 文明生活と安全を守る要である。

1593

1594 C7. 放射線をどう防ぐか

1595

1596 放射線は利用価値が高いが、それな
1597 りに安全の配慮が大切だ。ガンマ線は
1598 がんを縮小させるが、間違うと命を縮
1599 める。鋭利なメスと同じだ。

1600 ガンマ線は固有のエネルギーが高い
1601 が、厚さが5-10センチくらいの鉛板
1602 で防げる。ベータ線は数ミリの板で止
1603 まる。アルファ線は日常の光のように
1604 アルミフォイルで止まる。

1605 原子炉からはガンマ線と同じくらい
1606 のエネルギーの中性子が放出される。
1607 中性子は1メートルくらいのコンクリ
1608 ートで防ぐことができる。

1609 放射線の防御と安全の点から重要な
1610 ことは、個々の放射線のエネルギーが
1611 高いので、一つ一つの放射線が簡単な
1612 計器で測れることだ。したがって、防御
1613 板によって放射線強度（毎秒の放射線
1614 数）がどのくらいに減ったかがわかり、

1615 十分防げたかが確かめられる。

1616 放射線の強度は、毎秒数個くらいあ
1617 れば測れるので、日常のワットで表せ
1618 ば、1兆分の1ワットくらいの弱い放
1619 射線も十分はかれる。人がわかる限界
1620 をはるかに超える超微量だ。

1621 放射線の人体への影響や安全の上で
1622 問題なのは、放射線の全エネルギー、す
1623 なわち、個々のエネルギー×放射線の
1624 強度×時間だ。その人体への影響は、シー
1625 ベルトという単位表される。1シーベル
1626 トは1キログラムあたり1ジュール
1627 のエネルギーだ。1ミリシーベルトはそ
1628 の千分の1である。

1629 自然界は、放射線で満ちている。宇宙
1630 から、地球から、毎日の食料から、周り
1631 人々から、そして自分の体からたくさ
1632 んの放射線を浴びている。その数は毎
1633 秒5万くらい、年間1兆くらい、数ミ
1634 リシーベルトにおよぶ。その他に医療
1635 の検査などで平均数ミリシーベルトの

1636 放射線を浴びている。

1637 放射線の量は地域や食習慣によって
1638 大きく異なる。年間に数 10 ミリシーベル
1639 トの中で健康に過ごしている地方も
1640 ある。年に 100 ミリシーベルト以下で
1641 は、健康被害は認められていない。

1642 ガンマ線と同種の光である紫外線の
1643 場合、人々は年間に数億シーベルトの
1644 紫外線をあびている。たくさん浴びる
1645 と、日焼けもするし、皮膚がんにもなる
1646 が、日光を避けすぎると病死する。

1647 福島原発による放射線には心が痛む。
1648 ほとんどの周辺地域では、放射線の量
1649 は 100 ミリシーベルトくらいか、それ
1650 以下だ。太陽光の 1 兆分の 1 くらいの
1651 極微量だ。したがって、野鳥も野花も現
1652 地で健やかに活動している。

1653 日常や医療の放射線は、全エネルギー
1654 が微弱で問題ない。要注意は、極めて
1655 強い放射線だが、科学的に決められた
1656 世界の基準に従った行動が大事だ。

1657 C8. 放射線を脳体心で理解して共存

1658
1659 放射線はとにかく避けるのが安全だ
1660 という考えがある。しかしこの「逃げ」
1661 の発想が一番危険である。

1662 放射線はどこにでもあり、日常生活
1663 に広く活用されている。自身の体内に
1664 も多量の放射性物質がある。その放射
1665 線を避けるため、魂になって自分の体
1666 から逃れることは、危険を超えている。

1667 放射線との共存が、文明、自然、自分
1668 との共存の要だ。古来、人々は太陽光を
1669 脳体心でわかって、共存してきた。同種
1670 の放射線も、その正体と実態を脳と体
1671 と心で正しくわかることが共存の要だ。
1672 それは次の7つに要約できる。

1673 1. 主な放射線であるガンマ線やベ
1674 ータ線の正体は光と電子。放射線は異
1675 星人でなく、日常の太陽光や蛍光灯の
1676 電子と同じ仲間だ。ただ、個々の放射線
1677 の固有エネルギーは、日常の光や電子

1678 の固有エネルギーの百万倍くらい高い。

1679 2. 放射線は原子の中心にある原子
1680 核から放射される。原子核内に原子(核)
1681 力という大変強力な力の作用で蓄えら
1682 れた原子(核)エネルギーの1部が放
1683 射線のエネルギーとして放出される。

1684 3. 放射性核は放射線を出して放射
1685 性でない核にかわるので、放射性核の
1686 数は、しだいに減る。はじめの数の半分
1687 になる期間を半減期という。半減期は
1688 放射性核種よってさまざまだ。

1689 4. 放射線の安全で大切な要素は、放
1690 射線の全エネルギー、すなわち、放射線
1691 の固有エネルギーと毎秒当りの放射線
1692 の数と放射線を浴びた時間をかけた値
1693 である。日常の野菜や福島原発の放射
1694 線は、太陽光線に比べて、固有エネルギ
1695 ーは百万倍くらいおおきいが、毎秒当
1696 りの数は1兆分の1くらい少ないので、
1697 全エネルギーは百万倍くらい小さい。

1698 通常の放射線の全エネルギーは極め

1699 て微量で、暖かく感ず、ほとんど無害だ。

1700 5. 放射性物質は半減期が永いほど
1701 ゆっくり放射される。それだけ放射線
1702 の強度は弱い。避難する場合、半減期を
1703 よく考えて、半年内とか3年内に避難
1704 する。また、半減期の10倍もすれば放
1705 射線の放射性物質も消えてなくなる。

1706 6. 放射線を体験する。放射線を浴び
1707 て熱くなった鉄板を触ってみる。日常
1708 生活や医療で受ける放射線のエネルギ
1709 ー量を数値で正しく認識し、月の光の
1710 エネルギー量と比較する。

1711 7. 放射線を避けるデメリット(不利
1712 益)を正しく考えて行動する。紫外線で
1713 は、多くの人が皮膚がんになり犠牲に
1714 なるが、太陽光を避けすぎるとその何
1715 十倍の犠牲者が出る。実際、福島原発事
1716 故では、放射線を避けた方々の多くが
1717 いたましい犠牲になった。

1718 放射線を脳体心で理解して避けずに
1719 共存することが安全のポイントだ。

1720

1721

おわりに

1722

1723

1724

1725

宇宙は 137 億年くらい前に、超微小球のエネルギーが大爆発して始まった。ビッグバンである。

1726

1727

1728

1729

星が原子力エネルギーで輝き、超新星が爆発し、物質が四散、それらが再び集まって、星になり輝く。宇宙では壮大なエネルギードラマが進行中だ。

1730

1731

地球はドラマの一場。太陽は輝き、地球上では生命ができ人類が誕生。

1732

1733

人々は 20 万年ほど自然のエネルギーに支えられて生きてきた。

1734

1735

1736

1737

最近の 2 世紀、現代人は化石燃料や電気や原子力などの人工エネルギーの革新によって、高度な文明を築き、人口と GDP を急拡大させた。

1738

1739

1740

20 世紀末になり、人々は自然を意のままにできないことを悟った。公害、食糧危機、格差問題、温暖化危機、等々が

1741 深刻だ。2050年まで地球は持つか？
1742 自然共生というが、実際は自然依生
1743 だ。自然に依存して生きている。
1744 自然界には、太陽内の核融合エネル
1745 ギーやウラニウム核分裂のような原
1746 子力（核）エネルギーがある。
1747 石油1トンで温暖化ガスは2トン。
1748 同じエネルギーを出すのに、核燃料は
1749 0.5グラムで核廃棄物は0.01グラム、
1750 原子力は200万倍、燃料の重さ当りの
1751 エネルギー（エネルギー効率）が良い。
1752 太陽光や風力や地上の原子力は、資
1753 源と廃棄物問題を解決する有用なエネ
1754 ルギー源といえる。しかし、これらのク
1755 リーンな再生エネルギーへのシフトだ
1756 けでは不十分だ
1757 21世紀のIT情報エネルギー革新は、
1758 日常の仕事や生活を一変させた。
1759 スマホとPCさえあれば、自宅にい
1760 ながら、Zoomで海外の人々とワークで
1761 き、オフィスも渡航費も不要だ。

1762 海浜から世界の情報にアクセスし、
1763 書類なしで仕事ができる。

1764 前世紀までの高コストで大エネルギー
1765 消費型の炭素生活から、低コストで
1766 省エネルギー型の脱炭素社会が、IT と
1767 DX によって実現可能になった。

1768 COVID19 でリモートワークが普及
1769 し、情報ネットが整備されていれば、山
1770 荘で省エネルギーの日常生活や社会活
1771 動ができることが解った。

1772 20 世紀、人々は豊かさを求め、物を
1773 増やしエネルギーを多消費してきた。
1774 エネルギーを争い 2 つの世界大戦をお
1775 こない、その後も戦火が絶えない。

1776 エネルギー消費型の文明が限界にき
1777 きた。その廃棄物で地球が危機にある。

1778 現代文明のエネルギーと原子力と放
1779 射線を、脳体心でよく理解し、それらの
1780 豊かな物の文明から、豊かな知性の文
1781 化への発想の転換が大切だ。

1782

1783

1784 著者紹介

1785 著者 江尻宏泰 1936年生れ <http://hiro-ejiri.com/>

1786 現職:大阪大学特任教授・名誉教授 プラハ大学客員教授

1787 東京大学理学部 1958年卒、同大学院卒 理学博士 1963年、

1788 東京大学原子核研究所、ワシントン大学原子核研究所准教授、

1789 コペンハーゲン大学研究フェロー、 カリフォルニア大学客員教授、

1790 大阪大学理学部・同大学大学院教授、核物理研究センター長、

1791 ワシントン大学客員教授、国際基督教大学教授

1792 国際高等研究所フェロー、高輝度光科学研究センター参与

1793 核物理委員会委員長、学術会議専門委員幹事、

1794 山田科学振興財団理事長

1795 1992 島津賞 ニュートリノ核物理研究

1796

1797 F. Schmidt and D. Bodansky 著、江尻宏泰 江尻美也子訳

1798 原子力への挑戦 ブルーボックス.講談社 (1988)

1799 H. Ejiri and M. Voigt, Electron Gamma Spectroscopy in Nuclear

1800 Physics, Oxford 出版(1989)

1801 江尻宏泰 櫛田孝 編 量子の世界 大阪大学出版会(1994)

- 1802 H.Ejiri, et al., Nucleon Hadron System, Oxford 出版 (1998)
- 1803 江尻宏泰 クォーク・レプトン核の世界 裳華房 (1998)
- 1804 江尻宏泰 物質の究極 講談社 ブルーバックス (2007)
- 1805 江尻宏泰 素粒子がわかる本 サイエンスアイ社 (2009)
- 1806 江尻宏泰 原子力と放射線がわかる本 サイエンスアイ社 (2012)
- 1807 江尻宏泰 海の詩 写真集 サファイア出版 (2006, 2022)
- 1808 江尻宏泰 採光のソナタ写真集、 サファイア出版 2023。
- 1809 江尻宏泰 豊かな無の世界 ネクパブ出版 (2023)
- 1810 江尻宏泰 大学は必要か ネクパブ出版 (2023)
- 1811
- 1812
- 1813