

埼玉から地学

地球惑星科学実習帳

Experimental Workbook  
of  
Geoscience and Astronomy



2016年7月31日 第319回京大生存圏シンポジウム  
「地球惑星科学の持続的発展を目指す教育の将来  
像」

# 防災の観点で改訂した 『埼玉から地学 地球惑星科学実習帳』

埼玉県高等学校理化研究会地学研究委員会 実習帳改訂W

G

○宮嶋敏、奥雄一、山下敏

# 本講演の主旨

- 「埼玉から地学 地球惑星科学実習帳」とは
- 全ての高校生が学ぶべき実習
- 防災の観点を盛り込んだ最終版

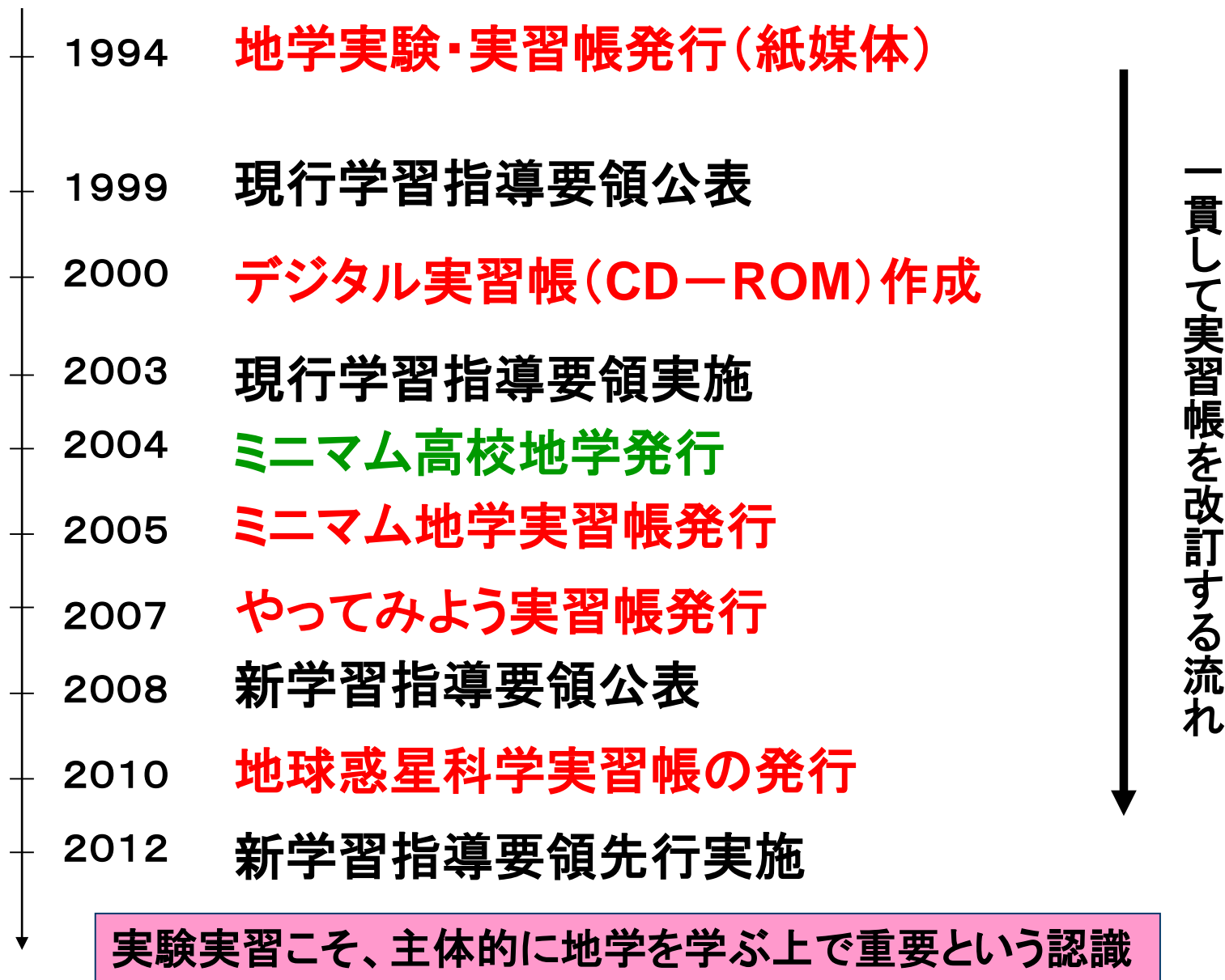
# 埼玉県の地学教育

- 2015年度地学教員数91名  
(管理職・再任用を含む)
- 最近5年間で11名の新採用地学教員
- 埼玉県地学研究委員会が活動をリード
- 本県の地学教員が教科書執筆(5分の4社)  
や学会などで活躍
- 2014年度地学基礎履修率 約45%  
(物理基礎とほぼ同じ)

# 埼玉県地学研究委員会とは

- 東西南北の各地区から4, 5人の委員を選出
- 年間に5回ほどの協議にて行事、課題に取り組む
- **主な行事**
  - 実験実習講習会(8月、理科教員向け)
  - 地学研究大会(12月、地学教員総決起集会)
  - 1泊見学会(隔年8月、理科教員向け)
- 今年度の主な課題(**WGGの活動**)
  - 演示実験レシピ集の集約(動画化も含む)
  - 授業方法の改善(AL、若手の会)
  - 副読本(物質を通して見た地学)の普及
  - **地学基礎版実習帳の普及**

# 実験実習帳の進化



# 過去の実験実習例

(1994年版 地学実験・実習帳より)

## 30 月のクレーターの周壁の高さ

### 1. 目的

クレーターの影の長さから、作図によってクレーターの高さを求める。

天体は遠近感のない平面としてしかとらえられないが、その立体的な形を求める方法を学ぶ。

### 2. 準備

定規、分度器、月面写真(直径20cm)、経緯度図(直径20cm:TPシートにコピー)

### 3. 原理

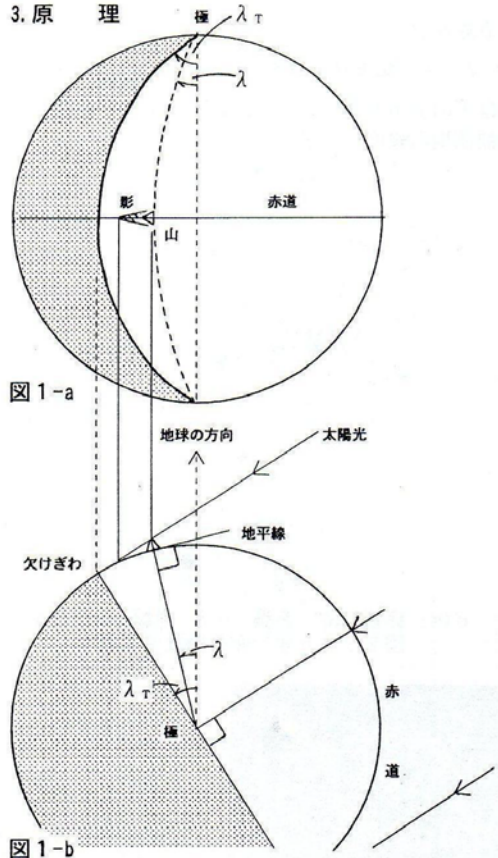


図 1-a

図 1-b

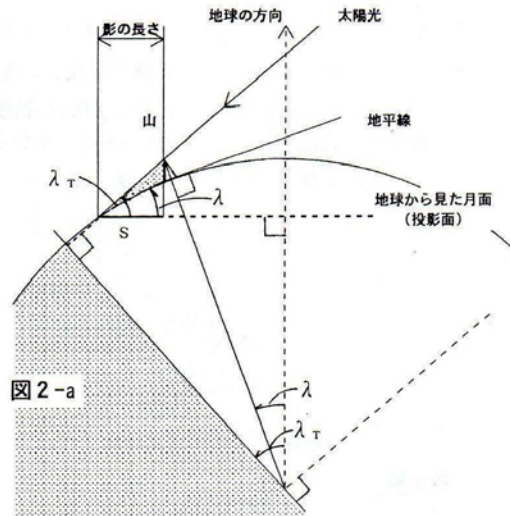


図 2-a

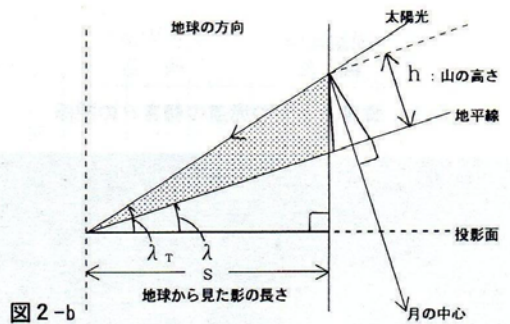
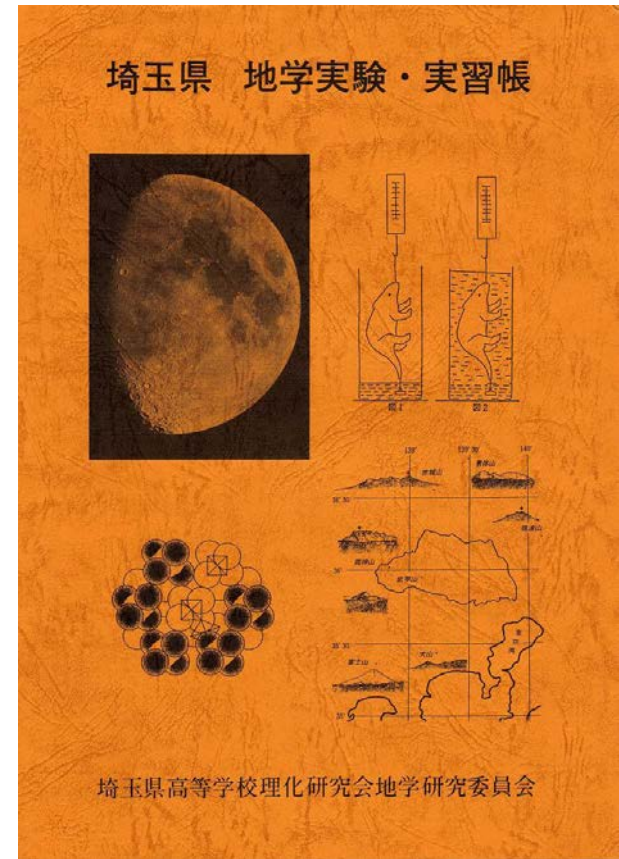


図 2-b



面白い内容ですが、  
ちょっと難しい……

全ての生徒が  
学ぶべき内容か？

こういう実習が断片  
的に並ぶ

# 過去の実験実習帳の実態

- **専門的** (分野外の地学教員にも難あり?)
- **羅列的** に並ぶ実習群、相互の関係は不問
- 考察・作図の解答のみ提示
- 指導手順・準備等は言及なし

⇒ 地学専門の教員が教えることを前提。専門家としての誇りとも言えるが、外から見たら……

⇒ 地学は何が重要か判らないという批判の根源

# 地球惑星科学実習帳開発の伏線と背景

## — 埼玉地学の気づき —

2004年 「ミニマム高校地学」発行

→ 地学の本質を確認

時間・空間の認識

生命と地球の進化

地球システム

(JpGU「教養理科」(2005)に影響)

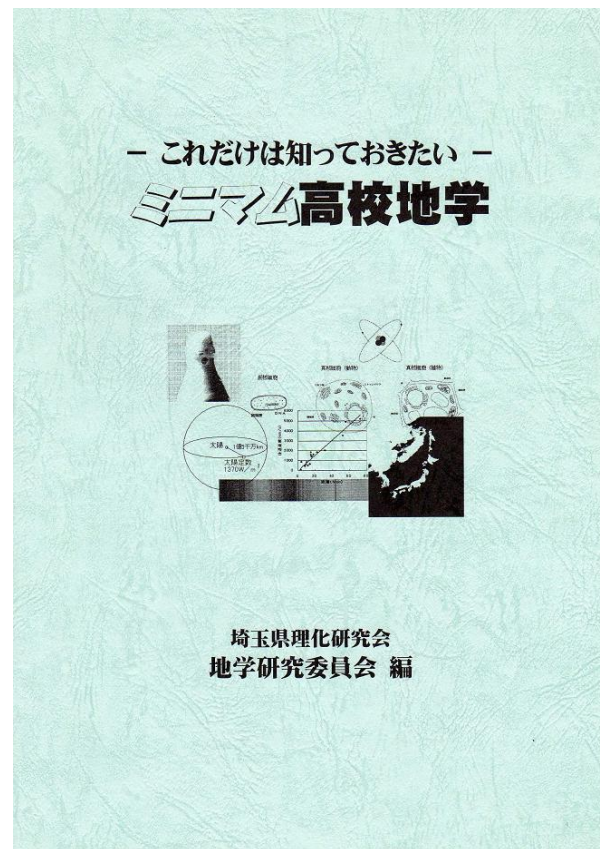
2008年 現行学習指導要領の公表

→ 基礎的概念・手法の認識

→ 非地学教員への支援

定番実習とは、実習間の関係性の明確化

詳細な実習手引き、簡便な実験





# 地球惑星科学実習帳の思想・内容

- 基礎的な概念や手法を学ぶ「**定番**」**実習**を絞り込む(5分野・35実習)
- 実験実習の位置付けや目的、**実習間の連鎖(つながり)**を意識する
- 実習は、**どの学校でもある器具**や消耗品を使って行なう
- 詳細な**指導資料**を示す

3年越しの検討の末、2010年春完成！！

# 指導資料の一例

埼玉から地学 地球惑星科学実習帳 2016 1-1 指導資料

## 歩いて測る地球の大きさ 指導資料

### 1 目的

自分の歩幅を知り、歩測によって2地点間の距離を求めることができる。

学校内の2地点間の距離と緯度差より、エラステネスと同じ方法で地球の大きさを求める。

### 2 準備するもの

50m 巻き尺、チョーク、学校の航空写真または敷地図、電卓、

※ 航空写真はグーグルアース (Google Earth) 等で入手

※ GPSがあれば、直接、学校内の2地点の緯度、経度を求めることが可能

### 3 中学校までの既習事項

中学校までは、地球が球体であることを自明なこととして扱っているが、地球の大きさについては何も言及がない。

### 4 実習の所要時間

- ・ 20m 区間を用いて歩幅を求める (15分)
- ・ 指示された2地点間を歩き、歩数を求める (10分)
- ・ 教室に戻って、地球の大きさを計算する (20分)

※事前に、実習のやり方等を説明しておかないと、この時間配分では収まらない可能性あり。

### 5 実習間のつながり

角度の単位が、度、分、秒であり、1秒は非常に小さいこと (全周の1,296,000分の1、直径2mの円であれば、1秒に相当する円弧は約0.005mmでしかない) を、補足説明しておく必要がある。ただし、この実習の前に年周視差を扱っていれば、既習事項となる。

固体地球分野の実習として位置付けたが、天文分野において足下の地球の大きさを求めるという設定でも有効である。

# 授業実践と実習帳改訂と関する経緯

年度	発行状況(発行数)	年度末改訂状況	備考
2008	(編集中)	(編集中)	次期学習指導要領告示
2009	(編集中)	(編集中)	
2010	生徒用(1130) 教師用(1500)	30実習を改訂	5分野35実習を選定
2011	生徒用(1320)	5実習を改訂、 4実習を新規追加	5分野39実習で確定
2012	生徒用(1300)	11実習を改訂	地学基礎での実践開始
2013	生徒用(1680) 教師用(1000)	3実習を一部改訂	旧課程実質終了
2014	生徒用(2010)	2実習を一部改訂	
2015	生徒用(1900)	6実習を一部改訂 2実習を全面改訂	地学基礎版実習帳を試作
2016	生徒用(1946)	実践中	地学基礎版を確定

# 確定した39実習(2011)

固体地球	1-1. 歩いて測る地球の大きさ
	1-2. 作図による震源の決定
	1-3. 走時曲線と地球内部の構造
	1-4. シャドーゾーンと地球深部の構造
	1-5. 演示 つるまきばねによる縦波と横波
	1-6. 演示 地磁気を調べる
	1-7. 演示 日本付近の震源分布の立体模型
	1-8. 演示 世界の震源と火山の分布
岩石鉱物	2-1. 砂の観察
	2-2. 鉱物の性質
	2-3. 火成岩の分類
	2-4. 富士山の科学
	2-5. 演示 これだけは見せたい堆積岩・変成岩
	2-6. 演示 偏光による岩石薄片の観察
地史地質	3-1. 埼玉の地形
	3-2. 空中写真の立体視
	3-3. 地形からわかる地球の変動
	3-4. 埼玉の地質
	3-5. 地質模型と地質図
	3-6. 地球カレンダー
	3-7. 脊椎動物の進化
	3-8. 演示 これだけは見せたい化石

大気海洋	4-1. 大気圏の構造
	4-2. 露点と湿度
	4-3. フェーン現象
	4-4. 太陽放射の測定
	4-5. 気温の変動
	4-6. 演示 大気圧を実感する
	4-7. 演示 雲の発生
	4-8. 演示 風のできる仕組み
	4-9. 演示 フーコーの振り子
天文	5-1. 太陽系天体の大きさと広がり
	5-2. 惑星の特徴
	5-3. 宇宙や地球を作る元素
	5-4. 惑星軌道の決定
	5-5. 恒星の分類
	5-6. 膨張する宇宙
	5-7. 演示 スペクトルの観察
	5-8. 演示 恒星の色と明るさ

実習は基本的に1時間を使い実施  
(演示は除く)

# 次なる課題

## 地学基礎との適合性(2012)

分野	全実習数	適合	発展的	範囲外
固体地球	8	4	3	1
岩石鉱物	6	3	2	1
地史地質	8	2	3	3
大気海洋	9	6	2	1
天文	8	5	2	1
合計	39	20	12	7

実習帳は、高校地学全域にわたって使えるように設計しており、地学基礎専用ではない。

# 地学基礎版の試作動機(2015)

- ・「地球惑星科学実習帳」の発行数は、2010年度以来、ほとんど変化がない状態
- ・「地学基礎(2単位)」は授業時間数が少なく**実習を行う余裕がない**ため、実習帳を有効に活用できない。
- ・複数の実習の中から**一つに絞りにくい**(特に地学を専門としない教員)。
- ・この分析に基づき、「地学基礎」の授業で使用することに特化し、**各分野1つないし2つの実習を選んでまとめた。合計で8実習を選定。**
- ・できればワンコイン(100円)で提供したい

# 2015地学基礎版(試作) 実習一覧

固体地球	1-1. 歩いて測る地球の大きさ
	1-2. 作図による震源の決定
	1-3. 走時曲線と地球内部の構造
	1-4. シャドーゾーンと地球深部の構造
	1-5. 演示 つるまきばねによる縦波と横波
	1-6. 演示 地磁気を調べる
	1-7. 演示 日本付近の震源分布の立体模型
	1-8. 演示 世界の震源と火山の分布
岩石鉱物	2-1. 砂の観察
	2-2. 鉱物の性質
	2-3. 火成岩の分類
	2-4. 富士山の科学
	2-5. 演示 これだけは見せたい堆積岩・変成岩
	2-6. 演示 偏光による岩石薄片の観察
地史地質	3-1. 埼玉の地形
	3-2. 空中写真の立体視
	3-3. 地形からわかる地球の変動
	3-4. 埼玉の地質
	3-5. 地質模型と地質図
	3-6. 地球カレンダー
	3-7. 脊椎動物の進化
	3-8. 演示 これだけは見せたい化石

大気海洋	4-1. 大気圏の構造
	4-2. 露点と湿度
	4-3. フェーン現象
	4-4. 太陽放射の測定
	4-5. 気温の変動
	4-6. 演示 大気圧を実感する
	4-7. 演示 雲の発生
	4-8. 演示 風のできる仕組み
	4-9. 演示 フーコーの振り子
天文	5-1. 太陽系天体の大きさと広がり
	5-2. 惑星の特徴
	5-3. 宇宙や地球を作る元素
	5-4. 惑星軌道の決定
	5-5. 恒星の分類
	5-6. 膨張する宇宙
	5-7. 演示 スペクトルの観察
	5-8. 演示 恒星の色と明るさ

# 地学基礎版の実習風景



歩いて測る地球の大きさ



火成岩の分類



地球カレンダー



太陽系天体の大きさと広がり



太陽放射の測定



# 地学基礎版の作図実習

## 作図による震源の決定

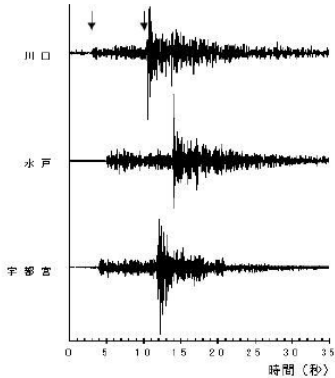
### 1 目的

各地で計測された初期微動継続時間より震源距離を求める。  
3観測点からの震源距離がわかれば、震源を決定できることを理解する。

### 2 準備するもの 定規、コンパス

### 3 実習

右の図は2009年4月13日10時34分頃に発生した地震の各地での地震動の記録である。横軸は時間を表しており、数値は秒を示す。川口の地震記録における矢印は、それぞれP波・S波の到達を示す。



(1) 記録から初期微動継続時間 (P 時) を求めなさい。

(2) P S 時を  $t$  [秒] として、次の式より各観測点から震源までの距離  $D$  [km] を求めなさい。

$$D = k \cdot t$$

(比例定数:  $k = 7.5$  とする)

観測地	P S 時	震源距離
川口		
水戸		
宇都宮		

図1 地震動の記録

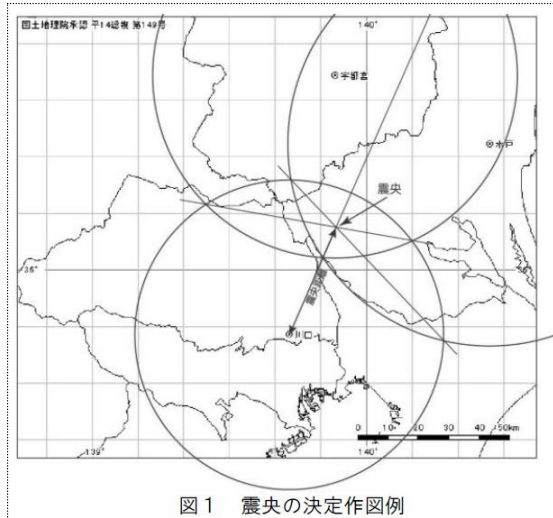


図2 震央の決定作図例

## 大気圏の構造

### 1 目的

地球大気鉛直方向への気圧分布、温度分布を描いて、大気圏の構造を調べる。

### 2 準備するもの

色鉛筆 (赤・青)

### 3 作業

右表は、ある地点での高度毎の気圧と温度を示している。  
(1) 作業用紙の中には、高度毎の気圧の点を入れてある。青色の滑らかな曲線で結べ。また、温度の高度分布を示すグラフを赤線で書き入れよ。

(2) 作図した温度変化 (高度が増すと温度が上がるか、下がるか) をもとにして、大気圏を4つの層に分けよ。

(3) 次の現象はどれくらいの高度で起こっているか教科書等で調べ、グラフに図示せよ。

- 電波の反射・吸収 (電離層という、図示済み)
- 紫外線の吸収 (オゾン層という)
- ジェット旅客機の飛行
- 夜行雲
- 積乱雲 (入道雲)
- 流星
- オーロラ

### 4 考察

(1) 気圧が地表の気圧 (1013hPa) の半分になるのはおよそ何 km の高度か、グラフより求めよ。また、気圧が半分になると人体にどのような影響が出るか考えよ。

高度 [km]	気圧 [hPa]	温度	
		[K]	[°C]
0	1013.	288	15
5	540.	256	-17
10	265.	223	-50
15	121.	217	-56
20	55.3	217	-56
25	25.5	222	-51
30	12.0	226	-47
35	5.75	237	-36
40	2.87	250	-23
45	1.49	264	-9
50	0.798	271	-2
60	0.220	247	-26
70	0.0522	220	-53
80	0.0105	199	-74
90	0.00184	187	-86
100	0.000320	195	-78
120	0.0000254	360	87
140	0.00000720	560	287
160	0.00000304	696	423
180	0.00000153	790	517
200	0.000000847	855	582
250	0.000000248	941	668
300	0.0000000877	976	703

## 作図による震源決定

## 惑星の特徴

### 1 目的

太陽系の天体のさまざまな特徴を知り、内部構造を考える。

### 2 準備するもの

特になし

### 3 方法

以下の表は太陽、惑星および特徴ある天体の特徴をまとめたものである。月は地球の衛星、エリスは冥王星の外側をまわる最大の太陽系外縁天体、ケレスは火星と木星の軌道間にある小惑星のなかで、最大のものである。表のデータをグラフ化することによって惑星の特徴を調べよう。

	公転周期 (年)	平均距離 (天文単位)	赤道半径 km	衛星数 2008 年	質量 地球=1	平均密度 g/cm <sup>3</sup>	自転周期 日
太陽	*	*	696000	—	332946.	1.41	25.38
水星	0.24	0.387	2440	0	0.05527	5.43	58.65
金星	0.62	0.723	6052	0	0.8150	5.24	243.02
地球	1.00	1.000	6378	1	1.0000	5.52	0.9973
火星	1.88	1.524	3397	2	0.1074	3.93	1.026
木星	11.86	5.203	71492	63	317.83	1.33	0.414
土星	29.46	9.555	60268	63	95.16	0.69	0.444
天王星	84.02	19.2184	25559	27	14.54	1.27	0.718
海王星	164.77	30.110	24764	13	17.15	1.64	0.671
冥王星	247.80	39.541	1137	3	0.0021	1.7	6.39
月	*	*	1378	*	0.0123	3.34	27.322
エリス	557.40	67.903	1200	1	0.0025	2.3	0.333
ケレス	4.60	2.767	455	0	0.00016	2.05	0.379

(2) 表のデータを用いて、赤道半径と密度の関係を実習(1)のようなグラフにしなさい。

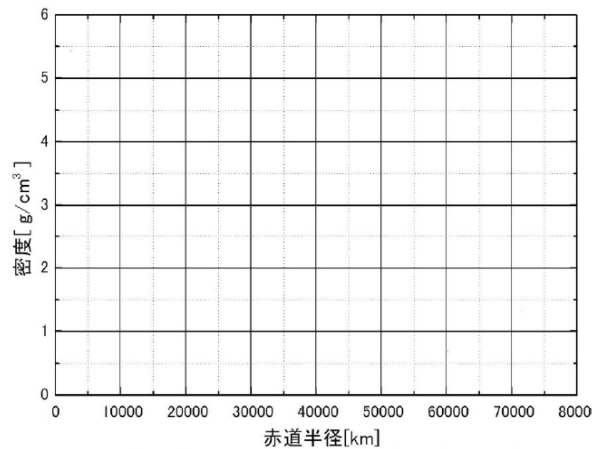
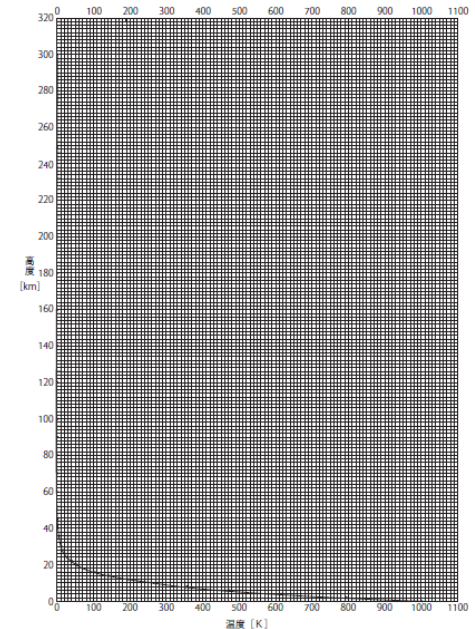


図2 赤道半径と密度



## 惑星の特徴

## 大気圏の構造17

# 2015地学基礎版の反省

- 少ない実習なら、現行の寄せ集めではなく、内容の再検討をするべき
- 考察等はごく基礎的な内容を中心にする。現行の考察はかなり発展的で、生徒、地学が専門でない教員にとっても戸惑う内容が多い。
- 地学基礎の目玉である環境や災害に関する実習がない
  - 「気温の変動」を加える
  - 「埼玉の地形」と災害をリンクさせる

# 気温の変動

## 1 目的

過去の気象観測データから、気温の変動について考える。

## 2 実習

実習A 図1は気象庁が出している1891年以降の世界の年平均気温の変動の様子である。これは、1981～2010年の30年平均値を基準にして、世界各地で基準からどのくらい差があったのかをそれぞれ求め、世界全体について平均したものである。

- (1) 図1を見て、気温変動の傾向を表す直線を図中に書きなさい。
- (2) 過去120年間に世界の気温はどのように変動しているか。

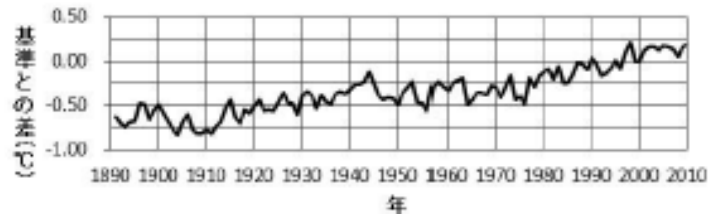


図1 世界の年平均気温偏差（気象庁データ）

- (3) 120年間の気温の変化はおよそ何℃か。

実習B 次の図2・3は東京と銚子の年平均気温の変動を示したものである。

- (1) 図2・3を見て、気温変動の傾向を表す直線を図中にそれぞれ書きなさい。
- (2) 120年間の気温の変化は、それぞれの地点でおよそ何℃か。

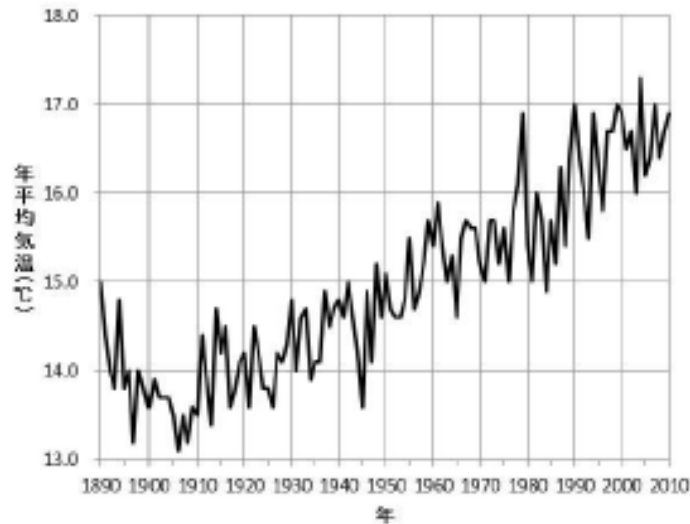


図2 東京の年平均気温変化（1881-2010；気象庁データ）

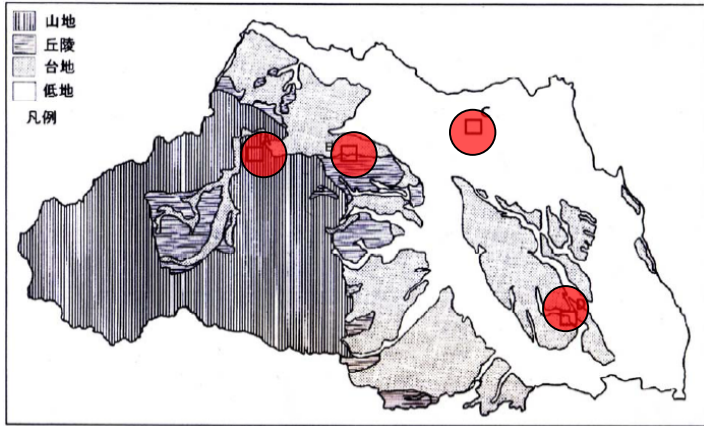
- (3) 前後の年に比べ、極端に温度が上がったり、下がったりしている年を、東京と銚子について書きなさい（1つずつ）。

世界平均、東京と銚子の120年間の平均気温の変化から**温暖化**と**都市化**の影響を考察する。

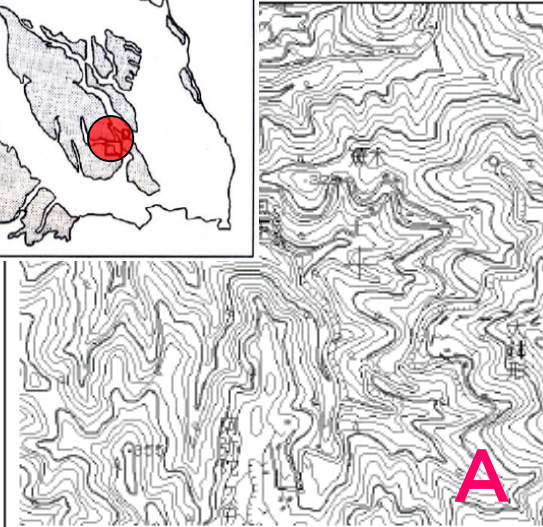
# 改訂前の「埼玉の地形」

- 4つの地形区分と地形図から読み取る
- 平野の地形区分と河川の流路を重ね合わせる
- 自然堤防と集落の立地を考察

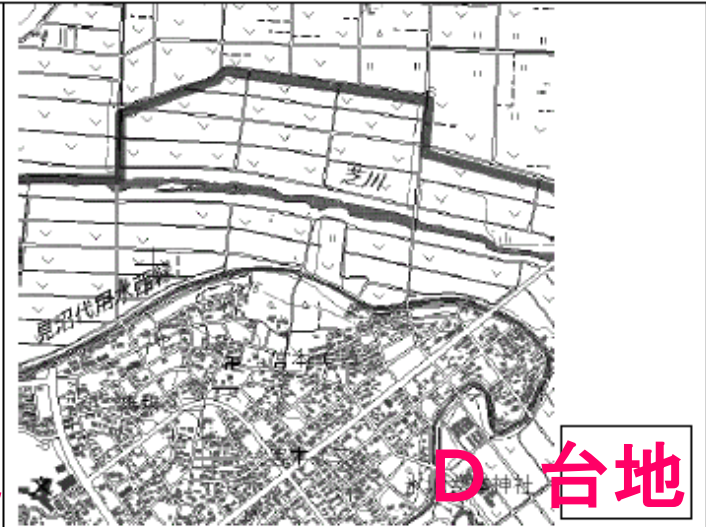
# 4つの地形区分を地形図から読み取る



等高線の読み方と地形をねらいとしている



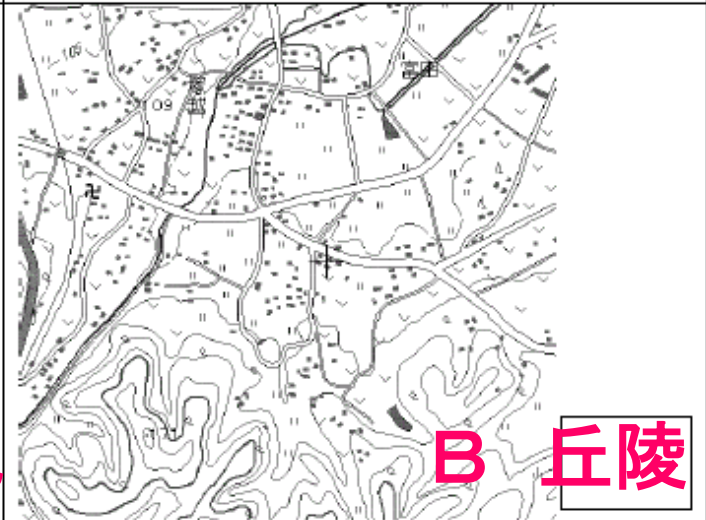
A 山地



D 台地



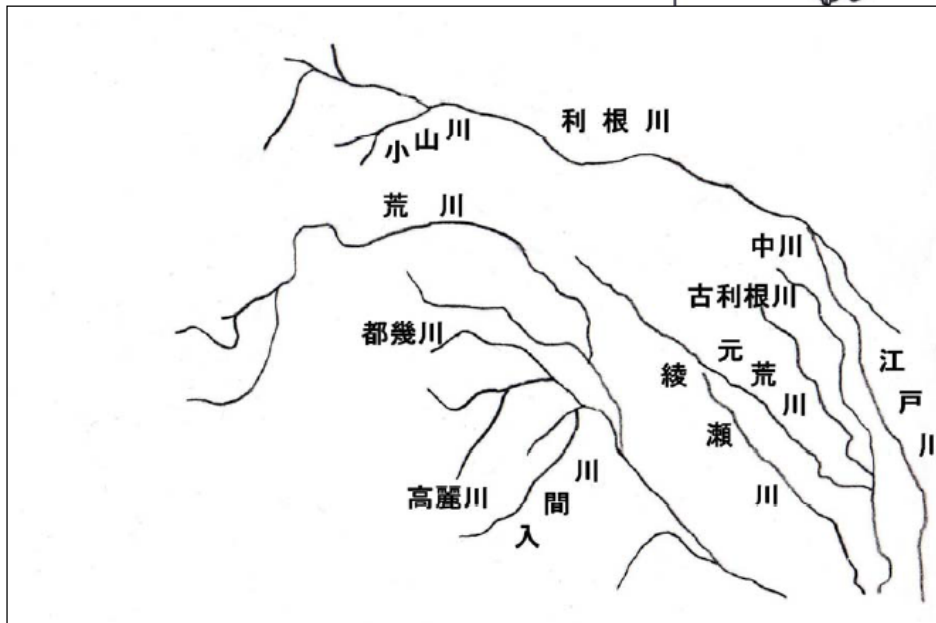
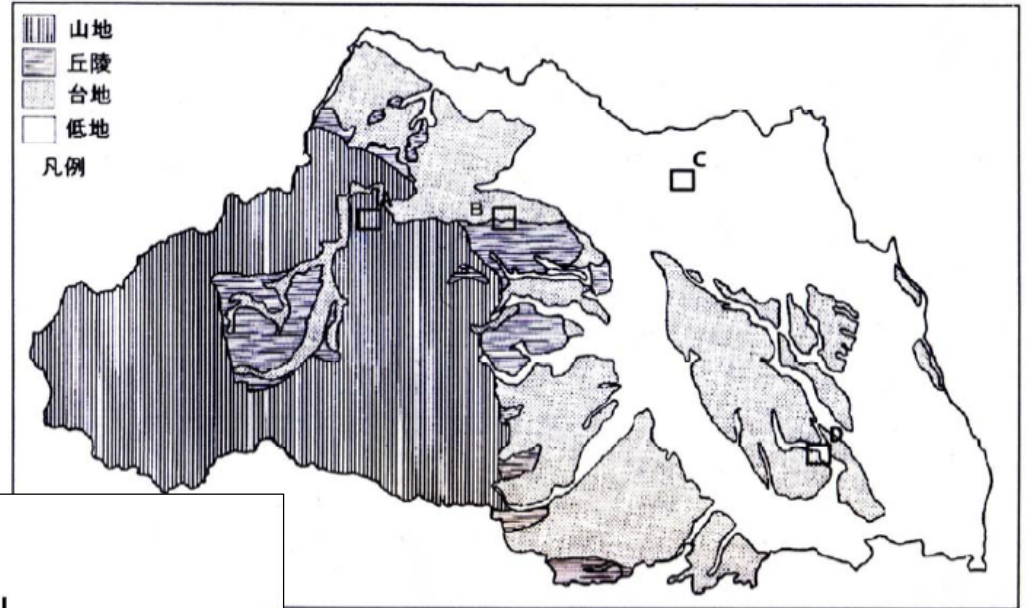
C 低地



B 丘陵

# 地形区分と河川の流路を重ね合わせ

○作業用紙「埼玉県の主な河川の流路図」に描かれた河川の流路を、青の色鉛筆でトレーシングペーパーに描き写し、河川の周囲の地形の特徴を考えながら地形区分図に重ね、のりで貼り付けなさい。



河川が台地を削り、低地をつくることを理解させる

# 自然堤防と集落の立地を考察



(問)丘陵や山地では、山の斜面に沿って道路が建設されるが、低地にも蛇行した道路が多く見られる。右の地形図を参考にして、低地にある蛇行した道路は、なぜ蛇行しているのか考えなさい。

災害に対する明確な意識化はされていなかった。

電子国土ポータルより

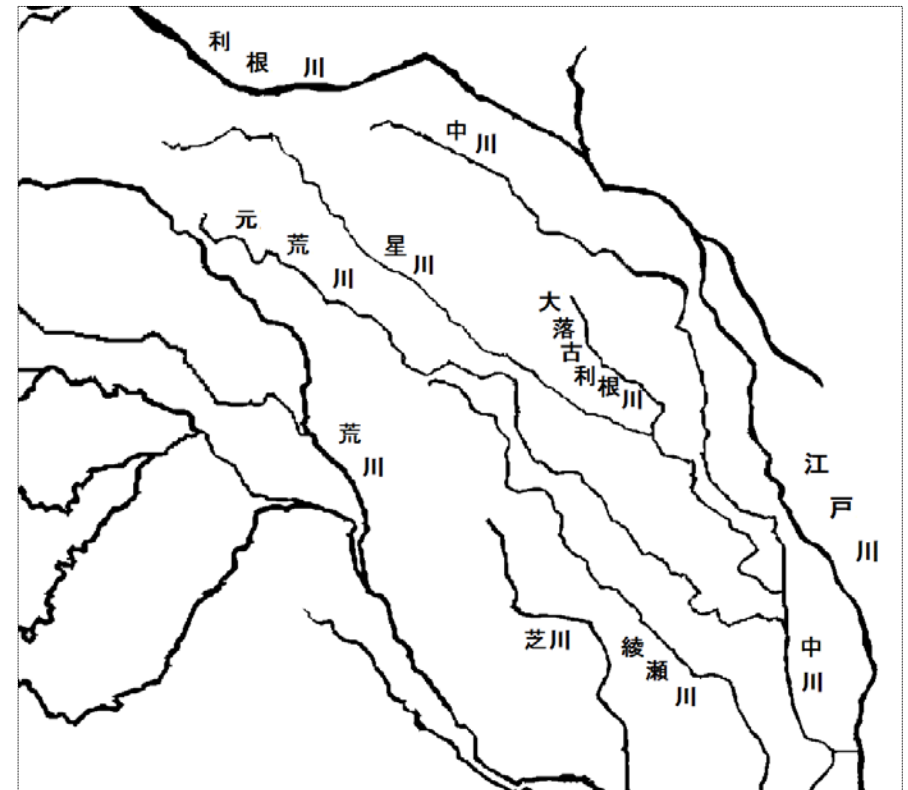
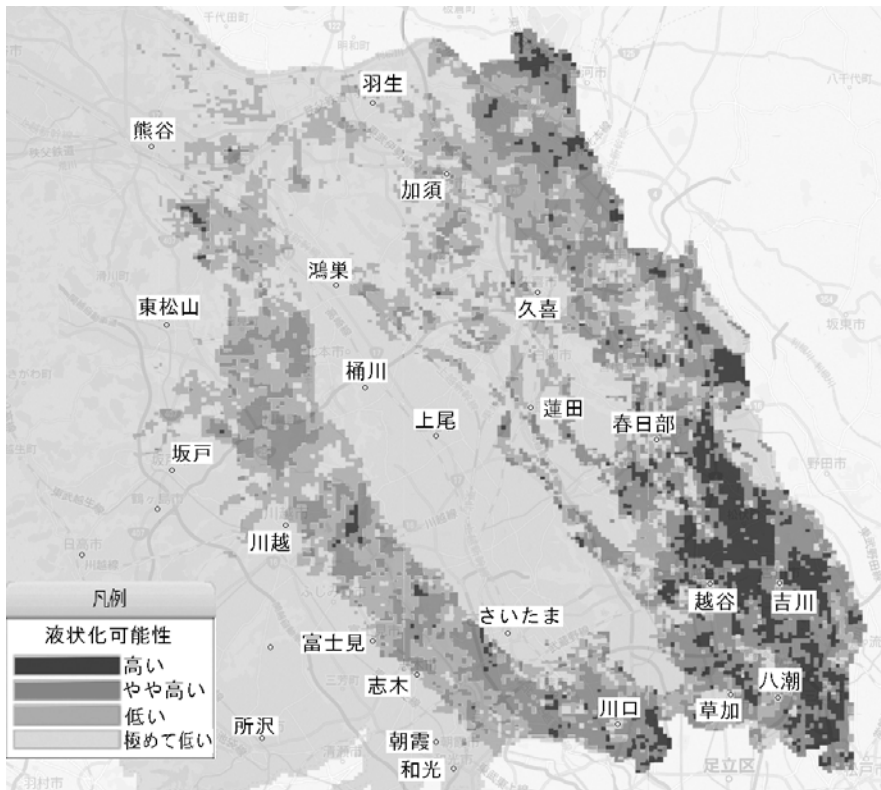
# 改訂後の「埼玉の地形と災害」

## (留意点)

- 地形区分が河川の流路と関係することに気付かせる(継続)
- 埼玉県でかつて被災した、将来する可能性の高い液状化現象と洪水に着目
- 液状化現象と洪水の被害について、地形区分(低地)、河川流路の関係に気づかせる
- 自分が住んでいる地域について、どのような災害が考えられるか、HP等から情報入手(発展)



# 液状化現象、低地、河川流路の関係

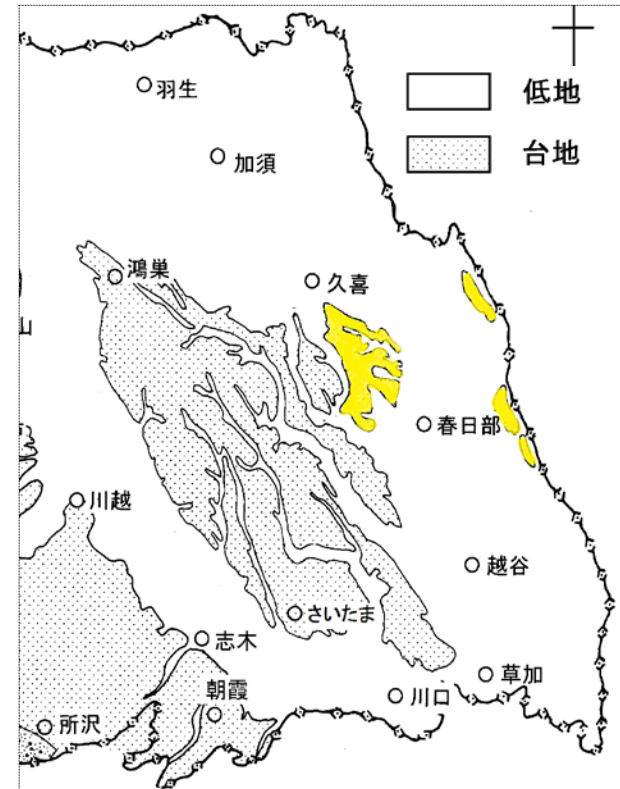
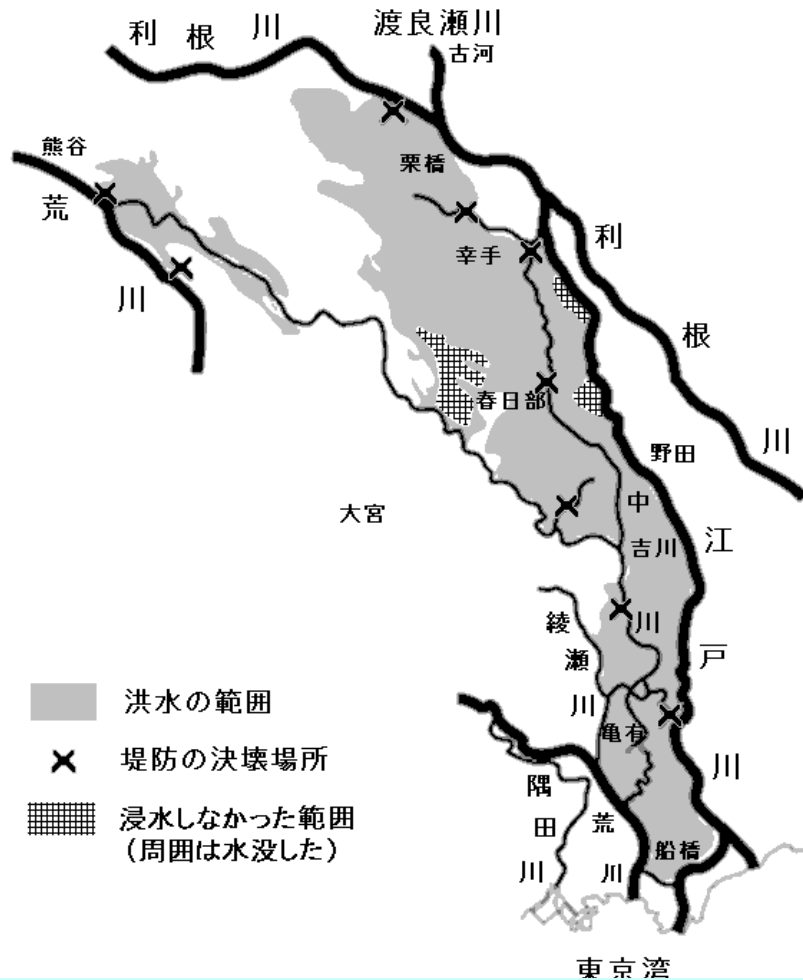


液状化現象予測図(埼玉県HP)

(問) 上図は今後30年以内に70%の確率で起こると予想される茨城県南部地震での液状化現象が起こる県内の場所を予測したものである。前項で描いたトレーシングペーパーを重ね、どのような場所が被害を受けやすいか考えよ。

# 洪水の被害と地形区分の関係

## キャスリーン台風(1947)を例に



(問)昭和22年9月のカスリーン台風では県内は大きな被害を受けた。そのときの堤防が決壊した場所と浸水場所を左図に示した。しかし格子模様で示された地区は浸水していない。なぜこの場所は浸水しなかったのか、右図を見ながら考えよ。

# まとめ

- Science for All である「地学基礎」の学習に欠かせない実験実習を選定した。
- 理科的なことばかりでなく、防災の観点を加えた実習を盛り込んで、最終到達点とした。

## (宣伝)

- 2016版「地球惑星科学実習帳」を10冊持参しました。200円で頒布します。
- 指導資料は、地学オリンピックHPからダウンロードするか、USB経由でお渡しできます。