

Geology around Phu Luang Wildlife Sanctuary

Yoshio Okamoto

On 19th Jan.2026

With the help by ChatGPT ver.5

Reference:

Geological map of Northeastern Thailand (DMR, 1999)

https://data.dmr.go.th/dataset/f367acbc-37cd-49f3-b62f9269588035d7/resource/e1a0d4be-2bcc-4d7e-8052-3cdddf0ad7a3/download/data_01010205-rock_unit_50k_northeast.pdf

Geology of Thailand <https://pubs.geoscienceworld.org/gsl/books/edited-volume/1531/The-Geology-of-Thailand>

KOZU et. Al. (2016): An overview of dinosaur footprints in the Khorat Group, northeastern Thailand, and characteristics of the dinosaur ichnofauna, *化石100*, 109–123, in Japanese

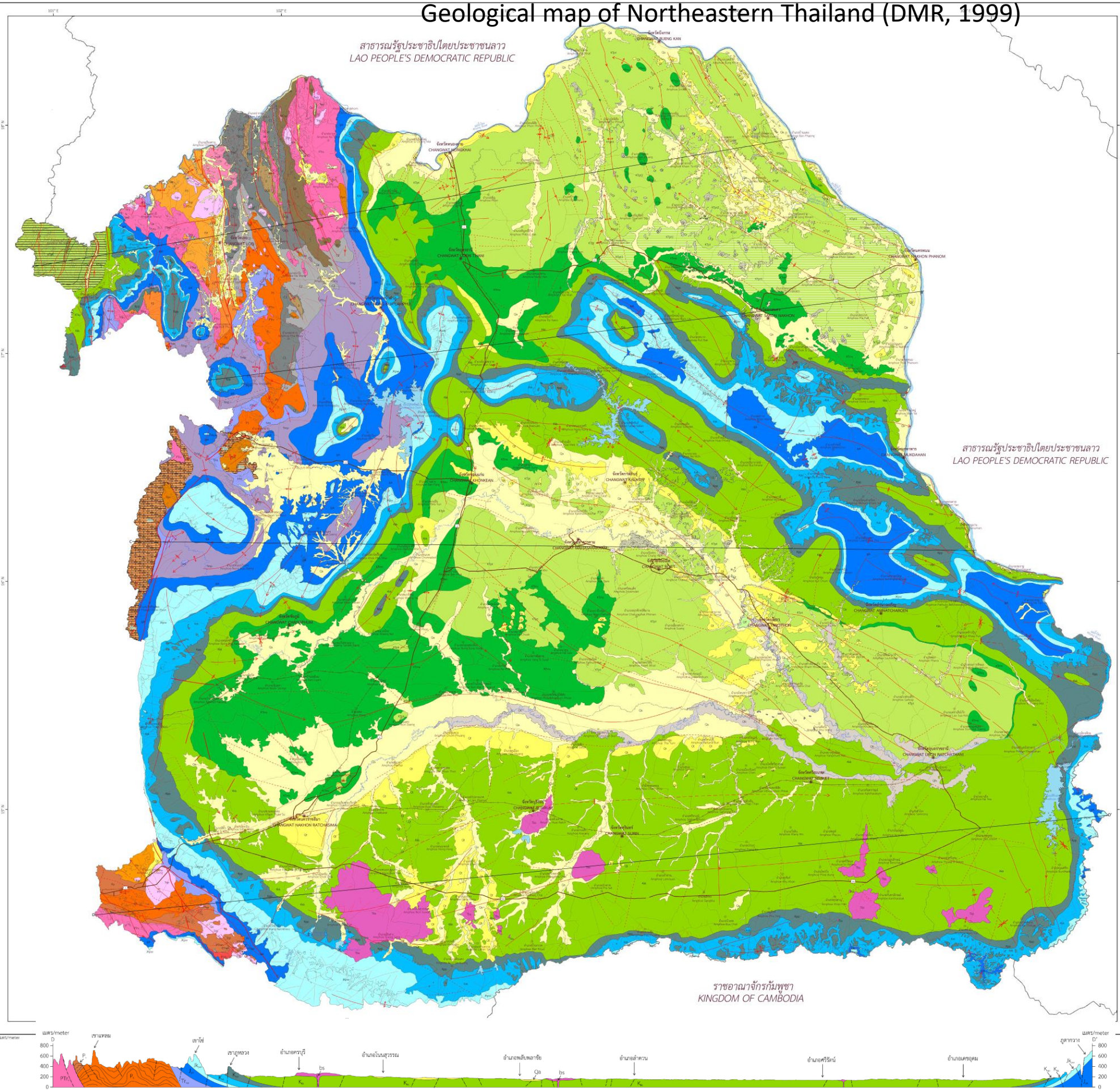
KOZU (2017): Dinosaur Footprints from the Khorat Group, Northeastern Thailand, Ph D thesis at Tsukuba Univ.

https://tsukuba.repo.nii.ac.jp/records/44776?utm_source=chatgpt.com

Kongkrapan Chaitongsri and Suravech Suteethorn (2024): Digital conservation of the first dinosaur tracksite of Thailand using photogrammetry for 3D modeling. *The journal of science and technology*, Vol 43. No 5

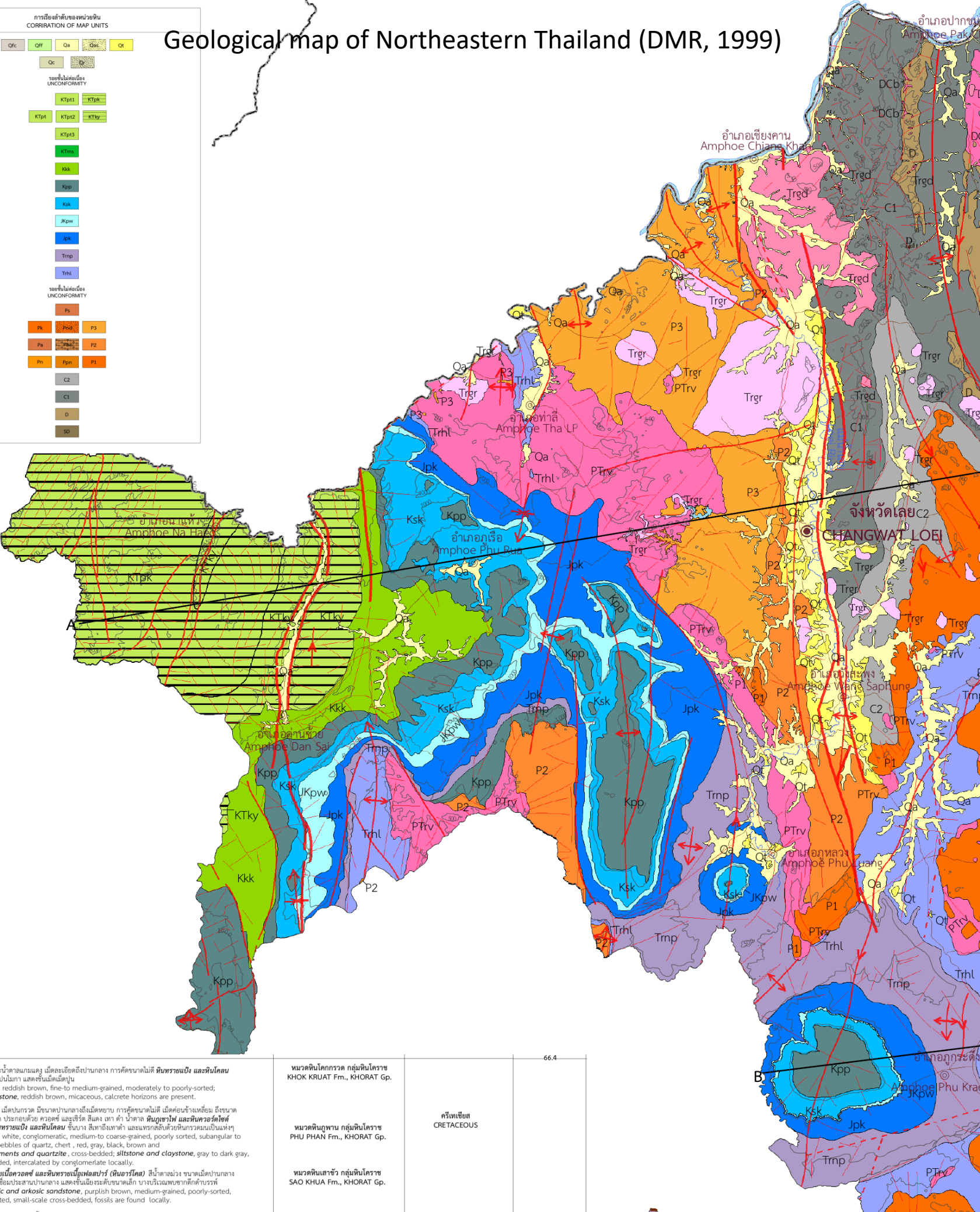
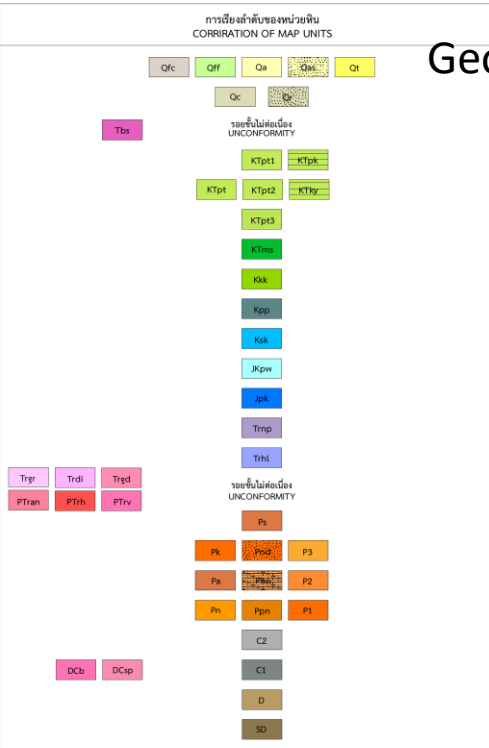
<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scimsujournal/article/view/260699/179341>

Geological map of Northeastern Thailand (DMR, 1999)

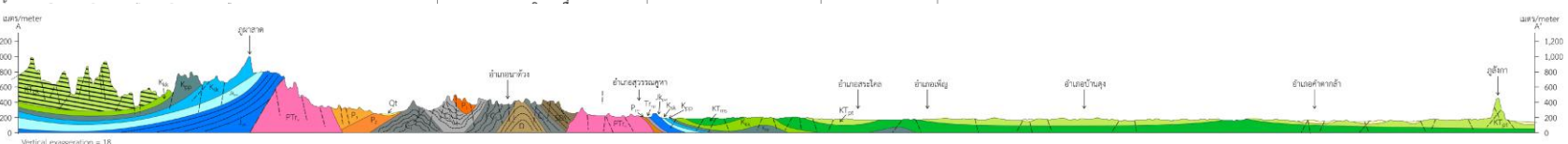


หินทราย สีน้ำตาลและน้ำตาลแกมแดง เม็ดละเอียดปานกลาง การคัดขนาดไม่ดี หินทรายเบ้ง และหินโคลน สีน้ำตาลแกมแดง เนื้อปนไมกา แสดงชั้นเม็ดเหนียว Sandstone, brown, reddish brown, fine-to medium-grained, moderately to poorly sorted; siltstone and claystone, reddish brown, micaceous, calcrete horizons are present.	หมวดหินโคราช กลุ่มหินโคราช KHOK KRUAT Fm., KHORAT Gp.		66.4
หินทราย สีขาวปนเทา เม็ดปนกรวด มีขนาดปานกลางถึงเม็ดหยาบ การคัดขนาดไม่ดี เม็ดค่อนข้างเหลี่ยม ถึงขนาดค่อนข้างกลม เม็ดกรวด ประกอบด้วย คอวตซ์ และเชิร์ต สีแดง เทา คำ น้ำตาล หินภูเขาไฟ และหินควอร์ตไซต์ แสดงชั้นเนื้อระดับ หินทรายเบ้ง และหินโคลน ขึ้นบาง สีเทาถึงเทาดำ และแทรกสลับด้วยหินกรวดมนเป็นแห่งๆ Sandstone, grayish white, conglomeratic, medium-to coarse-grained, poorly sorted, subangular to subrounded, with pebbles of quartz, chert , red, gray, black, brown and volcanic rock fragments and quartzite, cross-bedded; siltstone and claystone, gray to dark gray, dark gray, thin bedded, intercalated by conglomerate locally.	หมวดหินภูพาน กลุ่มหินโคราช PHU PHAN Fm., KHORAT Gp.	ครีเทเชียส CRETACEOUS	
หินทรายเบ้ง หินทรายเนื้อคอวตซ์ และหินทรายเนื้อเฟลสปาร์ (หินอาร์โคส) สีน้ำตาลม่วง ขนาดเม็ดปานกลาง การคัดขนาดไม่ดี การเชื่อมประสานปานกลาง แสดงชั้นเนื้อระดับขนาดเล็ก บางบริเวณพบซากดึกดำบรรพ์ Siltstone, quartzitic and arkosic sandstone, purplish brown, medium-grained, poorly-sorted, moderately cemented, small-scale cross-bedded, fossils are found locally.	หมวดหินเสาขัว กลุ่มหินโคราช SAO KHUA Fm., KHORAT Gp.		
หินทรายเนื้อคอวตซ์ สีขาวปนเทา เนื้อคอวตซ์ เม็ดละเอียดถึงหยาบ การคัดขนาดค่อนข้างดี เม็ดค่อนข้างกลม เม็ดกรวด ประกอบด้วย คอวตซ์ เชิร์ต สีเทาและดำ และหินควอร์ตไซต์แสดงชั้นเนื้อระดับ หินทรายเบ้ง และหินโคลน ขึ้นบาง สีเทาดำ แทรกสลับเป็นแห่ง ๆ Sandstone, grayish white, quartzitic, fine-to coarse-grained, well-sorted, subrounded, with pebbles of quartz, gray to black cherts, quartzite, cross-bedded; siltstone and mudstone, gray to dark gray, thin-bedded, intercalated locally are thinly intercalated locally.	หมวดหินพระวิหาร กลุ่มหินโคราช PHRA WIHAN Fm., KHORAT Gp.		140
หินทราย สีน้ำตาลถึงม่วงแดง เม็ดละเอียดถึงปานกลาง การคัดขนาดไม่ดี หินทรายเนื้อเฟลสปาร์ (หินอาร์โคส) เม็ดปานกลาง สีขาวปนเทา แทรกสลับ หินทรายเบ้ง และหินโคลน สีน้ำตาลแกมแดง เนื้อปนไมกา แสดงชั้นเม็ดเหนียว ซากดึกดำบรรพ์พบสลับมีกระดูกสันหลัง และหอยสองฝา Sandstone, brown to maroon, fine-to medium-grained, moderately poor sorted; interbedded with grayish white, medium-grained feldspathic sandstone; siltstone and claystone, reddish brown, micaceous, calcrete horizons, with vertebrates and bivalves.	หมวดหินภูกระดึง กลุ่มหินโคราช PHU KRADUNG Fm., KHORAT Gp.	จูแรสซิก JURASSIC	
หินทราย สีน้ำตาลแกมแดง เม็ดละเอียดถึงปานกลาง คัดขนาดดี เม็ดทั้งเหลี่ยมถึงมน สลับชั้นด้วย หินทรายเบ้ง และหินดิน มีเม็ดปูน สีเทา สีเทาแกมม่วง Sandstone, reddish brown, fine to medium-grained, well sorted, subangular-subrounded, interbedded with calcareous siltstone and claystone containing carbonate nodules, gray and purplish gray.	หมวดหินน้ำพอง กลุ่มหินโคราช NAM PONG Fm., KHORAT Gp.	ไทรแอสซิก TRIASSIC	210
หินทราย หินทรายเบ้ง หินดินดาน สีเทาปนน้ำตาลถึงสีเทา เนื้อปนปูน และ หินกรวดมน Sandstone, siltstone shale and conglomerate, brownish gray-gray, calcareous.	หมวดหินห้วยหินลาด กลุ่มหินโคราช HUAI HIN LAT Fm., KHORAT Gp.		
หินดินดาน สีน้ำตาล สีน้ำตาลเทา หินทราย หินทรายเบ้ง และหินกรวดภูเขาไฟ Shale, brown, grayish brown, sandstone, siltstone, and agglomerate.	หมวดหินผาเตี๋ย PHA DUA Fm.		250

Geological map of Northeastern Thailand (DMR, 1999)



หินทราย สีน้ำตาลและน้ำตาลแกมแดง เม็ดละเอียดปานกลาง การคัดขนาดไม่ดี หินทรายแป้ง และหินโคลน สีน้ำตาลแกมแดง เนื้อปนไมกา แสดงชั้นเม็ดไม่ปน Sandstone, brown, reddish brown, fine- to medium-grained, moderately to poorly-sorted; siltstone and claystone, reddish brown, micaceous, calcrete horizons are present. หินทราย สีขาวปนเทา เม็ดปานกลาง มีขนาดปานกลางถึงเม็ดหยาบ การคัดขนาดไม่ดี เม็ดค่อนข้างเหลี่ยม ถึงขนาดค่อนข้างกลม เม็ดกรวด ประกอบด้วย ควอตซ์ และเชิร์ต สีแดง เทา ดำ น้ำตาล หินภูเขาไฟ และหินควอตซ์ไคต์ แสดงชั้นเนื้อระดับ หินทรายแป้ง และหินโคลน ชั้นบาง สีเทาถึงเทาดำ และแทรกสลับด้วยหินกรวดมนเป็นแห่งๆ Sandstone, grayish white, conglomeratic, medium- to coarse-grained, poorly sorted, subangular to subrounded, with pebbles of quartz, chert, red, gray, black, brown and volcanic rock fragments and quartzite, cross-bedded; siltstone and claystone, gray to dark gray, dark gray, thin bedded, intercalated by conglomerate locally. หินทรายแป้ง หินทรายเนื้อควอตซ์ และหินทรายเนื้อเฟลสปาร์ (หินอาร์โคส) สีน้ำตาลอมม่วง ขนาดเม็ดปานกลาง การคัดขนาดไม่ดี การเชื่อมประสานปานกลาง แสดงชั้นเนื้อระดับขนาดเล็ก บางบริเวณพบซากสัตว์ค้ำบราร์ Siltstone, quartzitic and arkosic sandstone, purplish brown, medium-grained, poorly-sorted, moderately cemented, small-scale cross-bedded, fossils are found locally. หินทรายเนื้อควอตซ์ สีขาวปนเทา เนื้อควอตซ์ เม็ดละเอียดถึงหยาบ การคัดขนาดค่อนข้างดี เม็ดค่อนข้างกลม เม็ดกรวด ประกอบด้วย ควอตซ์ เชิร์ต สีเทาและดำ และหินควอตซ์ไคต์แสดงชั้นเนื้อระดับ หินทรายแป้ง และหินโคลน ชั้นบาง สีเทาๆ แทรกสลับเป็นแห่ง ๆ Sandstone, grayish white, quartzitic, fine- to coarse-grained, well-sorted, subrounded, with pebbles of quartz, gray to black cherts, quartzite, cross-bedded; siltstone and mudstone, gray to dark gray, thin-bedded, intercalated locally are thinly intercalated locally. หินทราย สีน้ำตาลถึงม่วงแดง เม็ดละเอียดถึงปานกลาง การคัดขนาดไม่ดี หินทรายเนื้อเฟลสปาร์ (หินอาร์โคส) เม็ดปานกลาง สีขาวปนเทา แทรกสลับ หินทรายแป้ง และหินโคลน สีน้ำตาลแกมแดง เนื้อปนไมกา แสดงชั้นเม็ดปน ซากสัตว์ค้ำบราร์พบสลับมีกระดูกสันหลัง และหอยสองฝา Sandstone, brown to maroon, fine- to medium-grained, moderately poor sorted; interbedded with grayish white, medium-grained feldspathic sandstone; siltstone and claystone, reddish brown, micaceous, calcrete horizons, with vertebrates and bivalves. หินทราย สีน้ำตาลแกมแดง เม็ดละเอียดถึงปานกลาง คัดขนาดดี เม็ดทั้งเหลี่ยมถึงทั้งมน สลับชั้นด้วย หินทรายแป้ง และหินดิน มีเม็ดปูน สีเทา สีเทาแกมม่วง Sandstone, reddish brown, fine to medium-grained, well sorted, subangular-subrounded, interbedded with calcareous siltstone and claystone containing carbonate nodules, gray and purplish gray. หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน สีเทาปนน้ำตาลถึงสีเทา เนื้อปนปูน และ หินกรวดมน Sandstone, siltstone shale and conglomerate, brownish gray-gray, calcareous. หินดินดาน สีน้ำตาล Shale, brown	หมวดหินโคกรวด กลุ่มหินโคราช KHOK KRUAT Fm., KHORAT Gp. หมวดหินภูพาน กลุ่มหินโคราช PHU PHAN Fm., KHORAT Gp. หมวดหินเสาขัว กลุ่มหินโคราช SAO KHUA Fm., KHORAT Gp. หมวดหินพระวิหาร กลุ่มหินโคราช PHRA WIHAN Fm., KHORAT Gp. หมวดหินภูกระดึง กลุ่มหินโคราช PHU KRADING Fm., KHORAT Gp. หมวดหินน้ำพอง กลุ่มหินโคราช NAM PONG Fm., KHORAT Gp. หมวดหินห้วยหินลาด กลุ่มหินโคราช HUAI HIN LAT Fm., KHORAT Gp.	ครีเทเชียส CRETACEOUS จูแรสซิก JURASSIC ไทรแอสซิก TRIASSIC	66.4 140 210 250
--	---	---	--



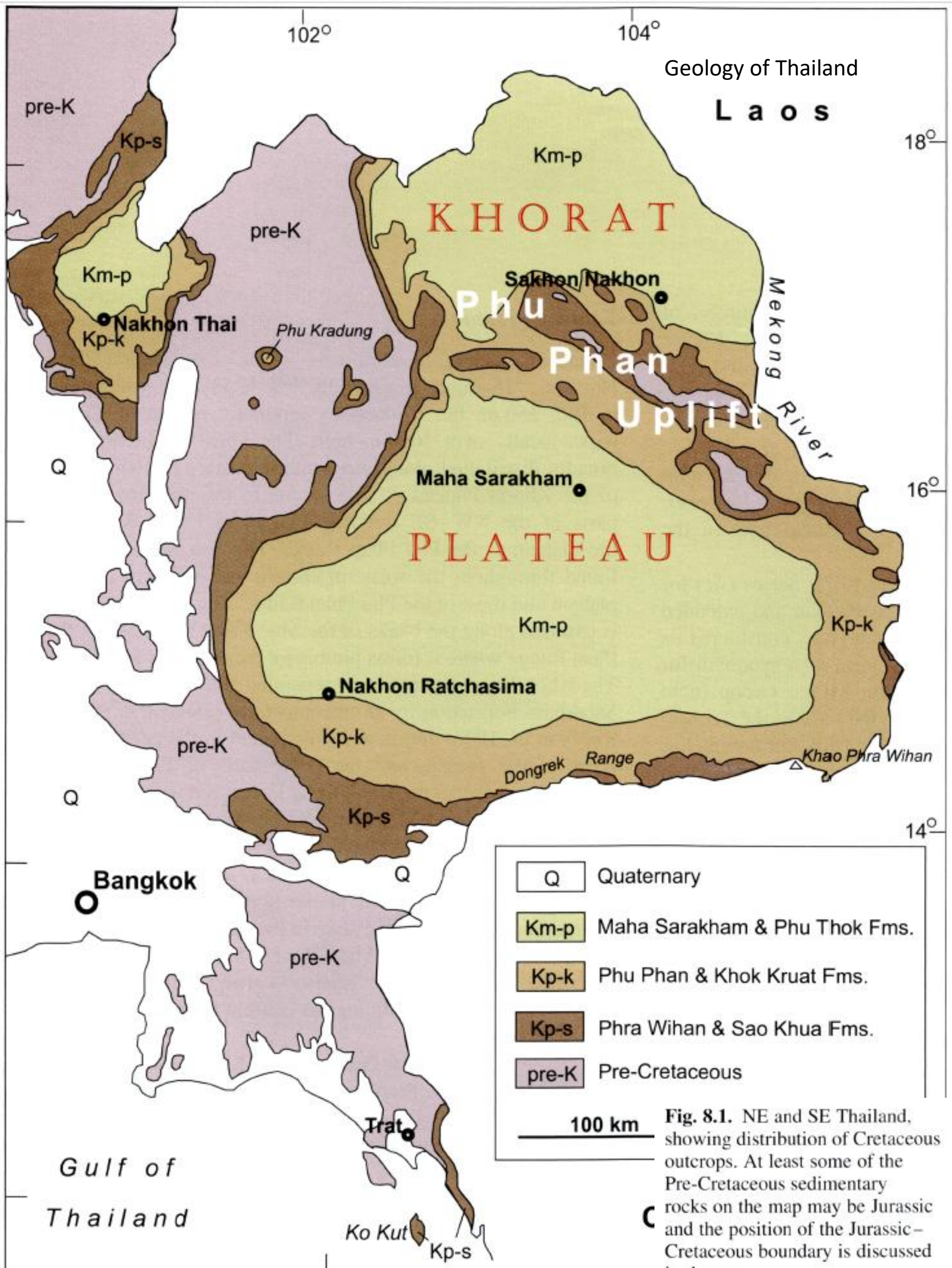


Fig. 8.1. NE and SE Thailand, showing distribution of Cretaceous outcrops. At least some of the Pre-Cretaceous sedimentary rocks on the map may be Jurassic and the position of the Jurassic–Cretaceous boundary is discussed in the text.

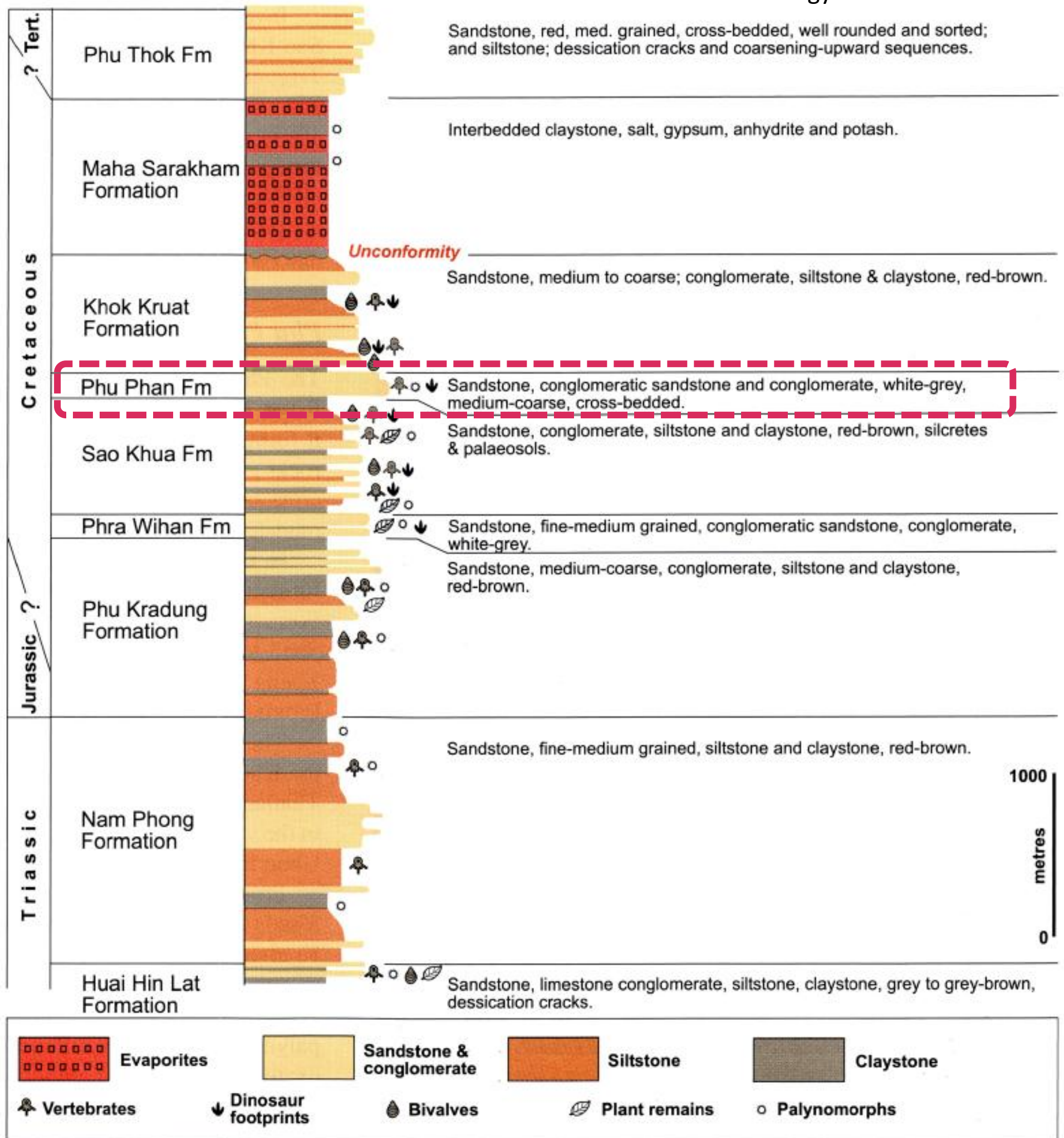


Fig. 8.2. Composite stratigraphic column of the Mesozoic rocks of the Khorat Plateau, NE Thailand.

Khorat Plateau from “Geology of Thailand

- Cretaceous rocks form almost the whole of the Khorat Plateau of Northeast Thailand, a generally low-level area with elevations c. 130-250 m, but rimmed by mountain ranges of Cretaceous rocks locally over 1000 m high.
- **The Phra Wihan Formation** is broadly distributed along the western, eastern and southern parts of the Khorat Plateau. It also occurs in the northern and middle parts of the NW-SE trending Phu Phan Uplift which crosses the Plateau as the Phu Phan Range.
- **The Sao Khua Formation** is found throughout the western, eastern and southern parts of the plateau and most of the Phu Phan Range.
- **The Phu Phan Formation** is exposed along the banks of the Mae Kong River and in the Phu Phan Range where it forms prominent escarpments and dip-slopes.
- **The Khok Kruat Formation** is separated from the overlying Maha Sarakham Formation by an unconformity (Sattayarak et al. 1991; Racey et al. 1996) and is well-distributed in the central low-lying areas of the plateau and the outer parts of Phu Phan Range. The sharp contact of the Khok Kruat Formation with the basal anhydrite of the overlying
- **Maha Sarakham Formation** is observed in the field (Hite 1974; Hite & Japakasetr 1979) and is conspicuous on seismic reflection profiles (Sattayarak et al. 1991). The Phu Thok
- Formation is well exposed in the northern parts of the Khorat Plateau and in the low-lying areas in the central, southern and south western parts of the Phu Phan Range. Maranate & Vella (1986) described palaeomagnetic studies carried out on the Khorat Group. A generalized lithological column of the Khorat Group is shown in Figure 8.2.
- **Fossils in the Khorat Group** of the Khorat Plateau have been reported by many workers (e.g. Kobayashi 1963; Kobayashi et al. 1963; Buffetaut & Ingavat 1980, 1983, 1984, 1986; Buffetaut 1981, 1983; Hahn 1982; Buffetaut et al. 1985a, b, 1993, 2006; Cappetta et al. 1990; Buffetaut & Suteethom 1992, 1993, 1998; Martin et al. 1994; Meesook et al. 1994, 1995; Racey et al. 1994, 1996; Cuny et al. 2005; Le Loeuff et al. 2005; Tumpeesuwan & Sato 2005). Many species of dinosaurs, fishes, crocodilians, turtles, bivalves and palynomorphs have been recorded so far, as well as fossil wood (Philippe et al. 2004). This biota shows a distinct Laurasian affinity.
- **Dinosaurs** are confined to finer lithologies of the Sao Khua and Khok Kruat Formations, while bivalves are abundant and diverse in the Sao Khua Formation. In coarser lithologies with thin claystone intercalations, palynomorphs are common and diverse; dinosaur footprints and isolated bones are occasionally found.

Phu Luang, Loei Province (Phu Luang Wildlife Sanctuary) dinosaur footprints

- Phu Luang, Loei Province (Phu Luang Wildlife Sanctuary): The first scientifically documented dinosaur footprint site in Southeast Asia was discovered on a sandstone surface at Phu Luang Wildlife Sanctuary, Loei Province, northeastern Thailand. *Buffetaut, E., Ingavat, R., Sattayarak, N., & Suteethorn, V. (1985a).*
- These footprints are preserved in Early Cretaceous sandstone of the ~~Phu Phan Formation~~ and are approximately 120 million years old (~~Lower Cretaceous~~).
- At this site, multiple **three-toed footprints** have been recorded on a sandstone slab, some of which are relatively well preserved with distinct toe and claw impressions.
- **Dinosaur footprints in the Khorat Group** (including Phu Luang and other localities in NE Thailand) consist mainly of *theropods*, but also include tracks attributed to *ornithopods*, *sauropods*, and *other taxa*. These tracks occur in **fluvial sedimentary rocks and reflect river and floodplain depositional environments**.

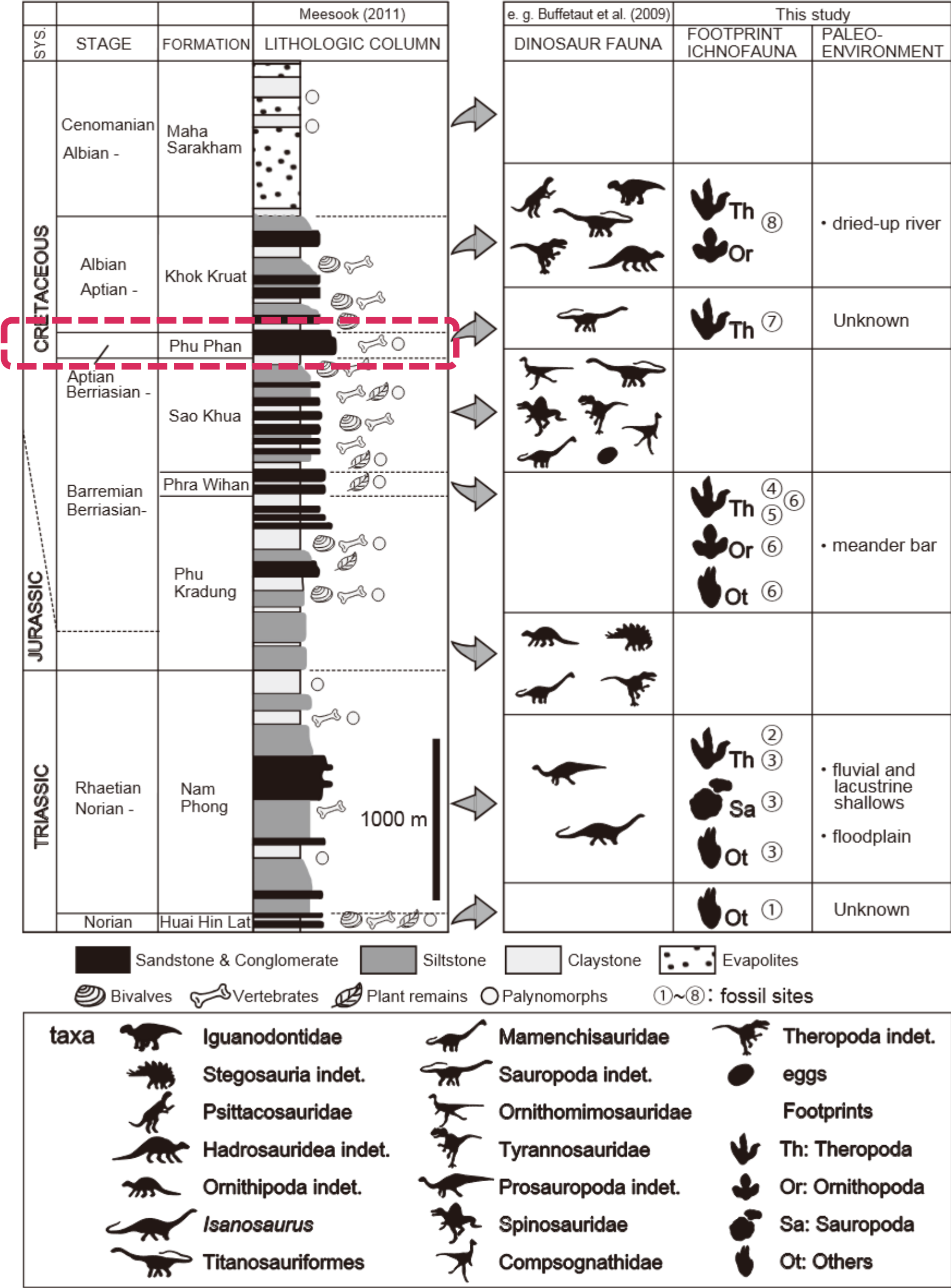


図2. コラート層群の統合柱状図と産出化石 (Measook, 2011), 恐竜体化石相 (Buffetaut *et al.*, 2009; Buffetaut and Suteethorn, 2011; Shibata *et al.*, 2011 をもとに作成), 恐竜足跡相および各足跡産地の推測される古環境.

Fig. 2. Lithostratigraphic column of the Khorat Group showing fossil-bearing horizons (Measook, 2011), dinosaur faunas from each formation (Buffetaut *et al.*, 2009; Buffetaut and Suteethorn, 2011; Shibata *et al.*, 2011), footprint ichnofaunas from each formation, and the paleoenvironment of each footprint site in the Khorat Group.

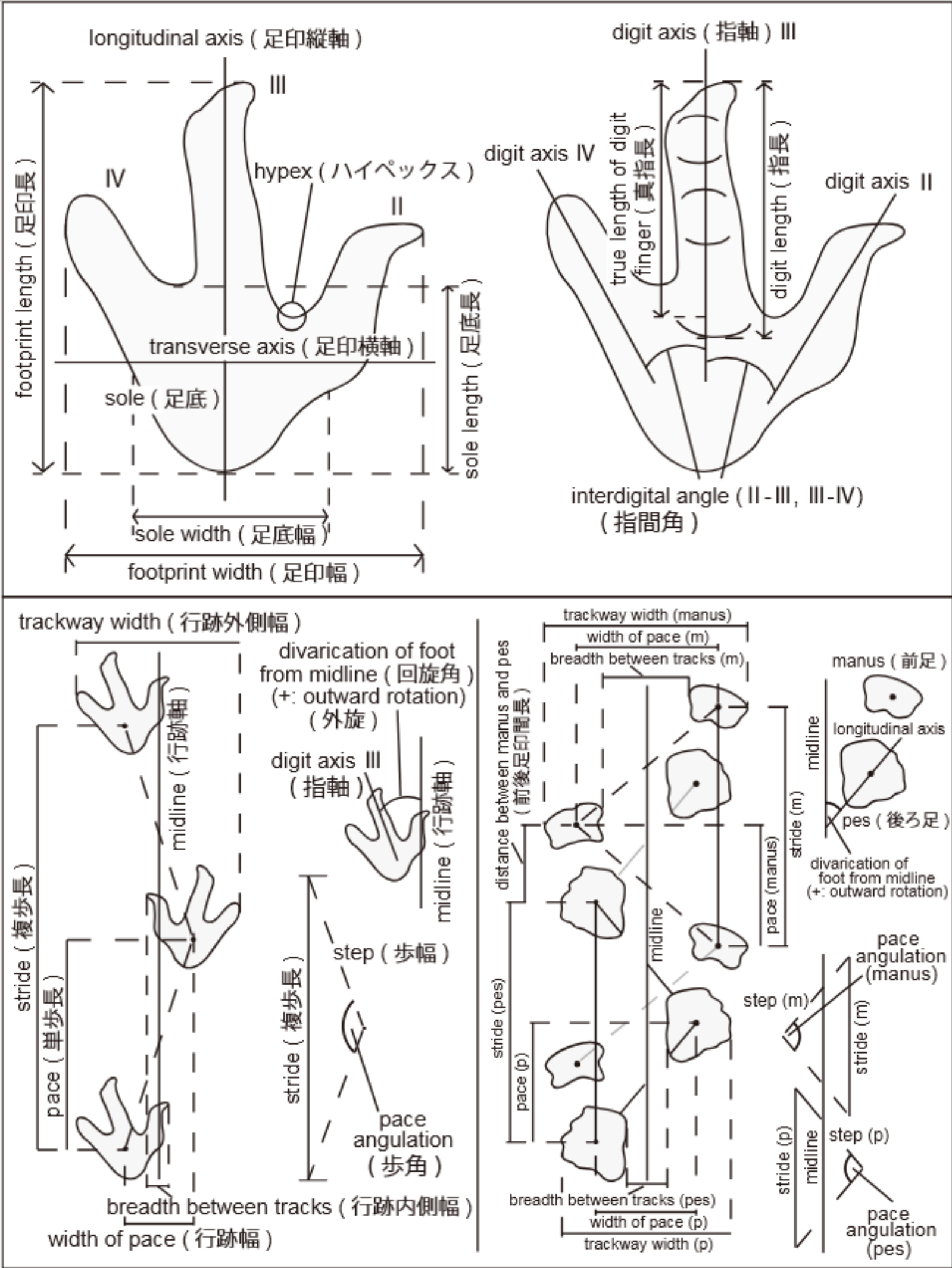


図3. 足印および行跡測定方法模式図 (石垣, 1988 をもとに作成).

Fig. 3. Diagrams of footprints and trackways, showing measurement methods (modified from Ishigaki, 1988).



Determining height and speed using dinosaur footprints

By Erik Kvale and Kim Sowder

Generally when people think of fossils, they think of dinosaur bones. Bones are a special type of fossil called a *body fossil*; body fossils would also include skin impressions, teeth, or any other physical part of the animal. Another type of fossil that teaches us about ancient animals is a *trace fossil*; trace fossils are evidence of the activity of an animal, such as walking, feeding, or burrowing. Examples of trace fossils include footprints or burrows. Footprints of a bipedal dinosaur can tell us the size of the animal and also how fast it was moving when it made the footprints.

Determining Height

To determine the height of our two-legged dinosaur, first print out copies of the right and left footprints included in this document. Since our dinosaur essentially walked on its toes, you need to establish an approximate position of a heel. Draw a line along the long axis of the outer toes from toe tip through the back of the print (see red lines in the diagram at right). The point of intersection is the projected heel point. Measure the length of the footprint from the toe tip to the heel point. Use this equation to determine height:

$$\text{hip height} = 4 \text{ or } 5 \times \text{footprint length}$$

These footprints are 17.8 cm (7 inches) long. This animal would have been between 71.2 and 89 cm (28 and 35 inches) at the hip. This method also works on humans and can be used to demonstrate the accuracy of this exercise. Measure foot without shoes and use the top of the hip bone as the hip height.

Determining Speed

Determining the actual speed of the animal uses a formula known as Alexander's Equation:

$$\text{Speed (meters/second)} = (0.25) \times (\text{gravitational constant})^{0.5} \times (\text{stride length})^{1.67} \times (\text{hip height})^{-1.17}$$

$$\text{Gravitational constant} = 9.8 \text{ meters/second/squared (m/s}^2\text{)}$$

A simpler determination can be made to establish whether the animal was walking, trotting, or running. For this activity, place several footprints on the floor (taping them down will help). Measure the distance between them from toe tip

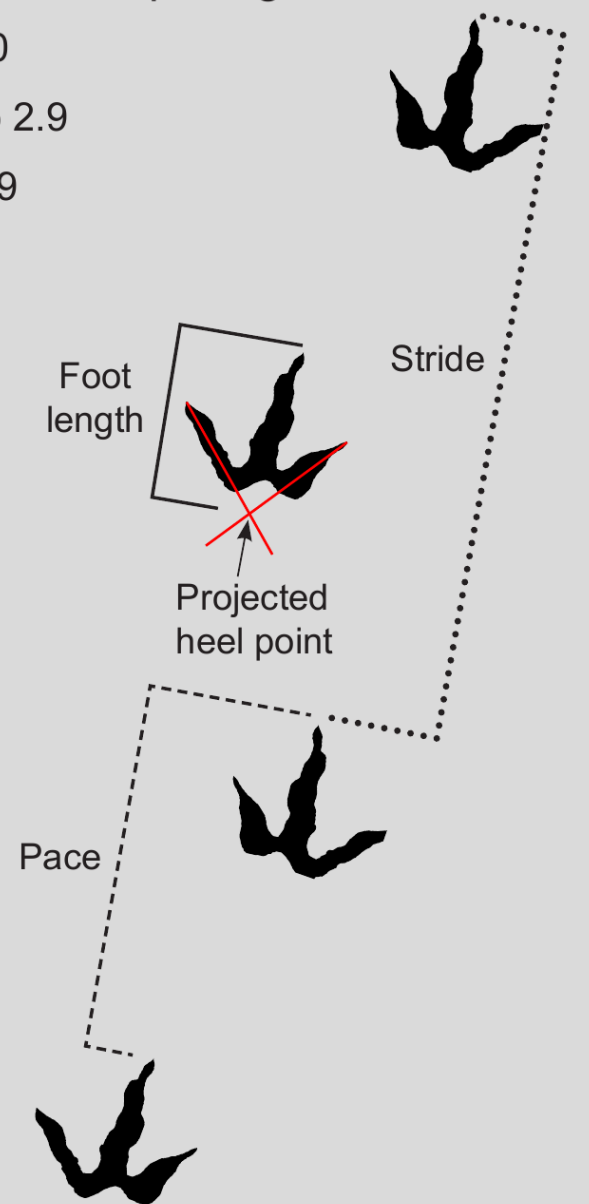
to toe tip. The distance from right toe tip to left toe tip is the *pace*. Place enough footprints to make a minimum of three paces. The distance from the tip of one footprint to the tip of the imprint made by the same foot is the *stride*. Measure the stride. Then divide the stride by the hip height. This gives you a ratio. Use the chart below to determine speed.

Ratio of Stride to Hip Height:

Walking – <2.0

Trotting – 2 to 2.9

Running – >2.9



Most known dinosaur tracks show that dinosaurs generally walked rather than ran. These track outlines were drawn from actual dinosaur tracks found at Red Gulch Dinosaur Tracksite. For more information, go to <http://www.wy.blm.gov/rgdt/>.

Some examples

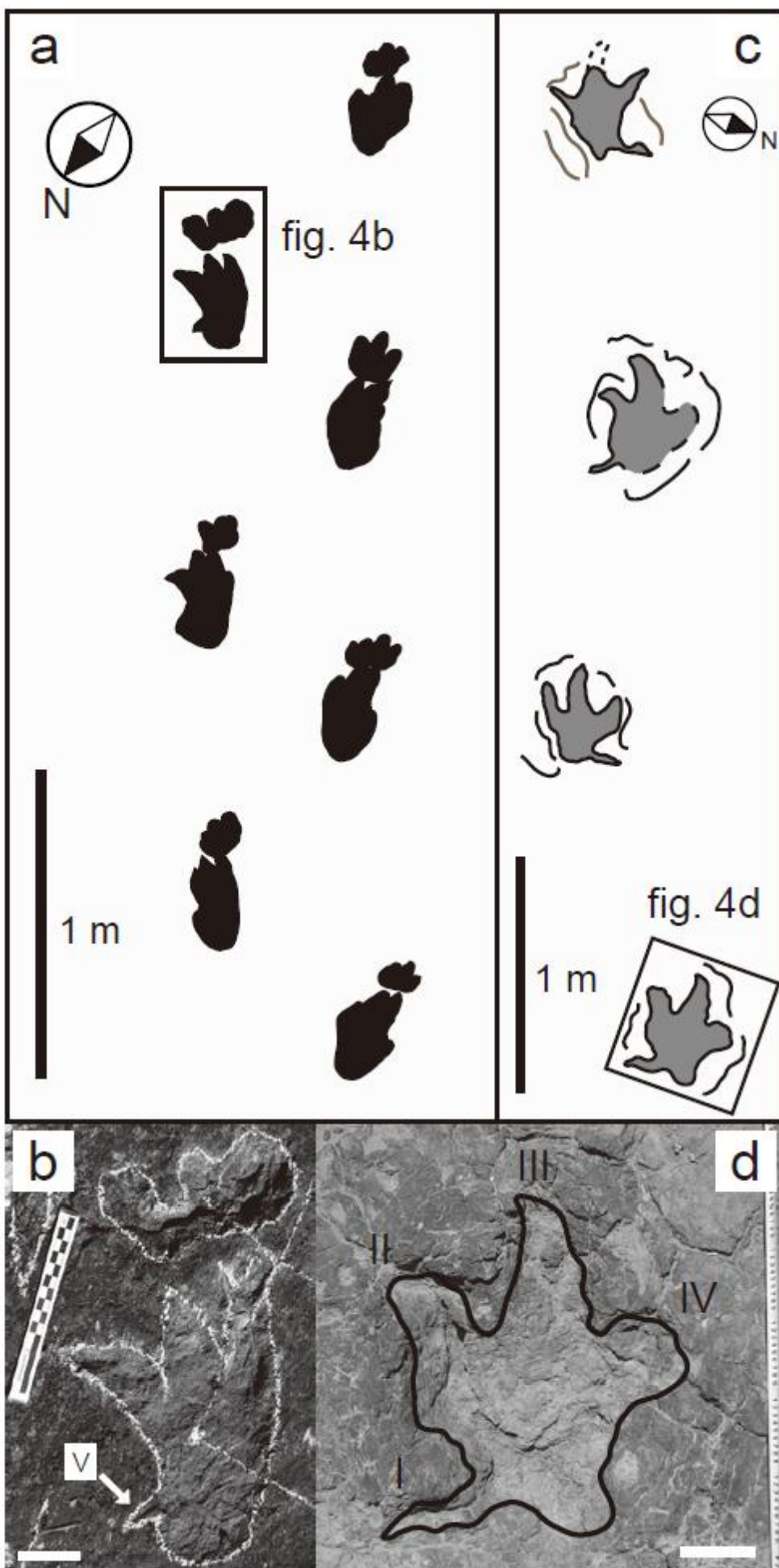


図4. 産地 Nam Nao および Tha Song Khon における行跡スケッチと足印写真. a, Nam Nao における非恐竜型類主竜形類の行跡スケッチ. b, Nam Nao における非恐竜形類主竜形類の左前後足印の写真. スケールは 5 cm. c, Tha Song Khon における大型獣脚類の行跡スケッチ. d, Tha Song Khon における第1趾痕を伴う獣脚類右足印の写真. スケールは 10 cm.

Fig. 4. Sketches of trackways and photographs of footprints at Nam Nao and Tha Song Khon. a, Sketch of the trackway of an archosauromorph at Nam Nao. b, Photograph of the impressions of the left manus and pes of an archosauromorph at Nam Nao. Scale bar, 5 cm. c, Sketch of the trackway of a large-sized theropod at Tha Song Khon. d, Photograph of the right footprint of a theropod, with hallux impression. Scale bar, 10 cm.

Footprint at Phu Luang and Tha Uthen



図9. 産地Phu LuangおよびTha Uthenにおける足跡化石. a, Phu Luangにおける足跡スケッチ. b, Tha Uthenにおける足跡スケッチ. c, 小型獣脚類の足印写真. d, 推定される恐竜類（上：小型鳥脚類, 下：小型獣脚類）と人間の大きさの比較.

Fig. 9. Footprints at Phu Luang and Tha Uthen. a, Sketch of footprints at Phu Luang. b, Sketch of footprints at Tha Uthen. c, Photograph of a footprint of a small-sized theropod. d, Size comparison of a human, a small-sized ornithomimid, and a small-sized theropod.